

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
HORNICKO – GEOLOGICKÁ FAKULTA
KATEDRA HORNICKÉHO INŽENÝRSTVÍ A BEZPEČNOSTI

**OPTIMALIZACE KOLEJOVÉ DOPRAVY PŘI ZAJIŠTĚNÍ
DODÁVKY HNĚDÉHO UHLÍ DO REGIONÁLNÍCH ELEKTRÁREN**

Diplomová práce

Autor:

Bc. Oldřich Hybner

Vedoucí diplomové práce:

prof. Ing. Jiří Zegzulka, CSc.

Ostrava 2021

ANOTACE

Optimalizace kolejové dopravy při zajištění dodávky hnědého uhlí do regionálních elektráren.

Cílem diplomové práce je analýza současného stavu přepravy uhlí kolejové dopravy při snížení dodávek hnědého uhlí do regionálních elektráren na zadané trase a na základě této analýzy nalézt optimální řešení dodávek energetického uhlí. Na konci práce je návrh opatření vedoucí k jejímu zlepšení.

Klíčová slova: analýza dopravy, kolejová doprava, optimalizace a úspora, železniční vozy

SUMMARY

Optimization of rail transport while ensuring supply of brown coal to regional power plants.

The aim of the diploma thesis is to analyze the current state of coal transport by rail while reducing the supply of brown coal to regional power plants on the specified route and to find the optimal solution for thermal coal supply based on the analysis. At the end of the work, there is a proposal of measures leading to its improvement.

Keywords: transport analysis, rail transport, optimization and savings, railway cars.

Obsah

1 ÚVOD.....	1
2 HISTORIE KOLEJOVÉ DOPRAVY	3
2.1 <i>HISTORIE NÁKLADNÍ ŽELEZNIČNÍ DOPRAVY V ČESKÉ REPUBLICE</i>	<i>4</i>
2.2 <i>POVÁLEČNÝ STAV NÁKLADNÍ ŽELEZNIČNÍ DOPRAVY V ČECHÁCH.....</i>	<i>5</i>
2.3 <i>NÁKLADNÍ DOPRAVA PO ROZDĚLENÍ ČESKOSLOVENSKA V ROCE 1993</i>	<i>6</i>
2.4 <i>HISTORIE ŽELEZNIČNÍ DOPRAVY NA SD A.S. DNT</i>	<i>6</i>
3 SYSTÉM DODÁVEK UHLÍ	11
3.1 <i>DODÁVKA A SPOTŘEBA UHLÍ V ZÁVISLOSTI NA VÝKONECH EL. BLOKŮ.....</i>	<i>11</i>
3.2 <i>ZAUHLOVACÍ TECHNOLOGIE EPRU</i>	<i>12</i>
3.3 <i>PÁSOVÁ DOPRAVA NA EPRU</i>	<i>13</i>
3.4 <i>SKLÁDKOVÉ STROJE A SKLÁDKA PALIVA NA EPRU</i>	<i>16</i>
3.5 <i>NAKLÁDKA PALIVA A PROPUSTNOST ŽELEZNIČNÍ TRATI.....</i>	<i>18</i>
3.6 <i>ODHADOVANÉ PROBLÉMY PŘI PŘEPRAVĚ.....</i>	<i>20</i>
3.7 <i>SOUPRAVY K ODTAHU A VELIKOST POSÁDEK.....</i>	<i>21</i>
4 ŽELEZNIČNÍ VÝKONY A OBJEMY	23
4.1 <i>EKONOMICKY – TECHNOLOGICKÉ ZHODNOCENÍ ŽELEZNIČNÍ DOPRAVY.....</i>	<i>23</i>
4.2 <i>INFRASTRUKTURA ŽELEZNICE V ČR.....</i>	<i>24</i>
4.3 <i>KATEGORIZACE ŽELEZNIČNÍ SÍTĚ</i>	<i>24</i>
4.4 <i>TRANZITNÍ ŽELEZNIČNÍ KORIDORY.....</i>	<i>25</i>
4.5 <i>ZÁKLADNÍ TECHNIKA ŽELEZNIČNÍ DOPRAVY.....</i>	<i>26</i>
4.6 <i>DRUHY NÁKLADNÍ ŽELEZNIČNÍ DOPRAVY</i>	<i>30</i>
4.7 <i>ZPŮSOBY NÁKLADNÍ ŽELEZNIČNÍ DOPRAVY</i>	<i>31</i>
4.8 <i>ŽELEZNIČNÍ DOPRAVA PŘI TĚŽBĚ NEROSTNÝCH SUROVIN.....</i>	<i>31</i>
4.9 <i>DOPRAVNÍ PROCES ŽELEZNIČNÍ DOPRAVY.....</i>	<i>32</i>
4.10 <i>DOPRAVNÍ VÝKONY VOZŮ.....</i>	<i>32</i>
4.11 <i>DOPRAVNÍ VÝKONY LOKOMOTIV.....</i>	<i>34</i>
4.12 <i>SPOTŘEBA ENERGIÍ LOKOMOTIV NA SD – KD</i>	<i>35</i>

4.13	<i>ŽELEZNIČNÍ VOZY PROVOZOVÁNY NA SD – KD</i>	38
4.14	<i>POMĚRY DŮLNÍ TRAŽOVÉ DRÁHY DNT – EPRU</i>	38

5 VÝPOČET OPTIMALIZACE A ÚSPOR 44

5.1	<i>SPOTŘEBA ELEKTRICKÉ ENERGIE NA SD – KD</i>	46
5.2	<i>OPTIMALIZACE LIDSKÝCH ZDROJŮ</i>	47
5.3	<i>OSTATNÍ ÚSPORY</i>	48

6 ZÁVĚR 49

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ

SEZNAM OBRÁZKŮ

SEZNAM TABULEK

SEZNAM PŘÍLOH

1 ÚVOD

Rozvoj kolejové dopravy začal při budování socialistického Československa, kdy bylo na vzestupu. Komunisté plánovali na pět let do předu a úkoly strany musely být plněny na sto a více procent. Severní Čechy byly vybrány a obětovány pro průmyslový rozvoj státu. Nebylo to samoúčelné, protože historickým a geologickým průzkumem se vědělo, že podkrušnohorská pánev je bohatá na velká naleziště hnědého uhlí, které sice nebylo tak kvalitní, jako černé uhlí z Kladna a Ostravy, ale bylo ho takové množství, že se státu ekonomicky vyplatí dlouhodobě investovat do modernizace těžby, výstavby tepelných elektráren, nových železničních tratí pro přepravu těžných nerostů a do dopravy do zpracovatelských závodů doprovodných surovin těžby.

První velká elektrárna, která vyrostla pod Krušnými horami na konci 60. let minulého století na místě bývalé obce Prunéřov, která byla zásobovaná uhlím z dolu Merkur důlními železničními soupravami v její blízkosti. A následovaly další elektrárny na místě obce Tušimice v blízkosti Severočeských dolů. Tyto dva subjekty šli v ruku v ruce při rozvoji průmyslu Československého státu a železniční doprava tomu nemalou měrou pomáhala. Prosperující ekonomika potřebuje kvalitní a výkonnou dopravu pro přemístění surovin a výrobků od výrobce ke spotřebiteli. Železniční doprava patří mezi významné druhy dopravy s cca 15 500 km kolejí na území České republiky, která čítá asi 55 % neelektrifikovaných a 45 % elektrifikovaných kolejí.

Ted' po víc, jak půl století přichází útlum důlní činnosti a s tím i likvidaci prvních elektráren na okrese Chomutov. Tato krize v rámci ekologických limitů a útlumu doléhá na obří společnosti, jako jsou České energetické závody a Severočeské doly.

. Ta to situace vede k zamyšlení, jak optimalizovat dopravu hnědého uhlí do zbylých elektráren za co nejvýhodnějších podmínek s minimálními náklady a maximálním ziskem bez ekologických dopadů na životní prostředí.

Diplomová práce se věnuje v začátku historii železniční dopravy a kolejové dopravě na Severočeských dolech s působností v Tušimicích. Dále popisuje infrastrukturu železnice, železniční dopravu při těžbě nerostných surovin a na stav dopravy energetického uhlí pro velkokapacitní zauhlování EPRU II. Popisuje energetické a výkonové možnosti lokomotiv a hmotnostní a konstrukční parametry přepravních vozů Falls. Tyto poznatky

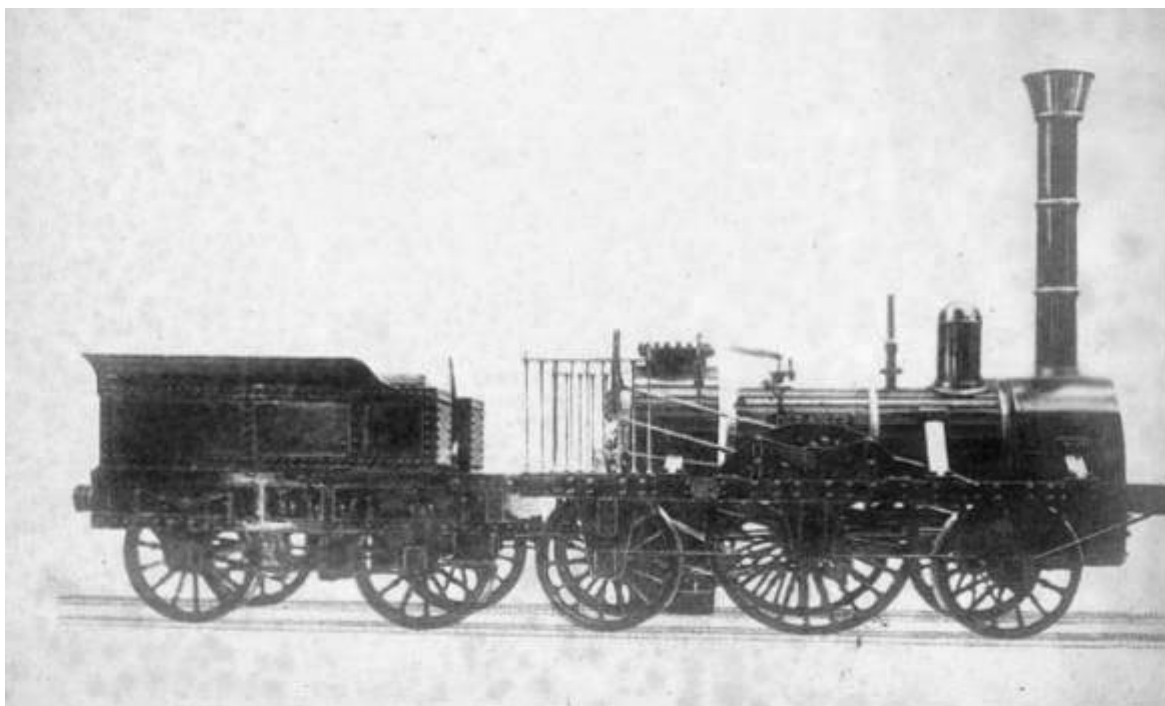
Bc. Oldřich Hybner: Optimalizace kolejové dopravy při zajištění dodávky hnědého uhlí
do regionálních elektráren

budou porovnány se skutečnou situací na kolejové dopravě a na konci práce bude doporučena optimalizace dodávek energetického paliva do tepelné elektrárny Prunéřov

Diplomová práce navrhne optimalizaci, kterou je potřeba důkladně prověřit praxí v extrémních podmínkách provozu a odhalit případné nedostatky. Za současného stavu nelze provést přesné měření z důvodu uzavření provozů veřejnosti.

2 HISTORIE KOLEJOVÉ DOPRAVY

Kolejovou dopravu můžeme dělit do několika časových etap. Na začátku 20. let 19. století se budují první Koněspřežné dráhy, které na přelomu 30. a 40. let 19. století ustupují prvním parostrojním železnicím (obrázek číslo 1). V této době se masově budují další kilometry nových železničních tratí, které propojují průmyslová centra Evropy mezi sebou. Železnice podstatně ovlivňuje ekonomiku evropských zemí a stát přebírá hlavní úlohu a dohled nad železniční dopravou, tu do té doby měl vídeňští bankéři. Tohle proběhlo v prosinci 1841 ve Vídni a je zřízeno generální ředitelství státních drah.



Obrázek 1- Lokomotiva z 50. let 18. století [14]

Během první světové války se železnice ze strategických důvodů zcela podřídila potřebám armády. Došlo k zavedení válečného grafikonu, který radikálně omezoval civilní a osobní dopravu a železnice byla militarizována. Po ukončení války dochází k rozpadu Rakouska – Uherska a ke vzniku Československa. V říjnu 1918 vznikají Československé státní dráhy a je jmenován generální ředitel Ing. Jan Bašta [7].

2.1 Historie nákladní železniční dopravy v České republice

Hlavním úkolem železniční dopravy byla přeprava uhlí, dřeva, soli a rozličných nerostných surovin mezi jednotlivými centry průmyslu a obchodu. První železniční dráha, jak již jsem se zmiňoval se objevuje na začátku 19. století a byla koněspřežná. Vedla z Českých Budějovic do Lince a přepravovaný nerost byla sůl. Další koněspřežná dráha se začala budovat v roce 1828 Pražsko-lánská, která převážela dřevo z křivoklátských lesů a černé uhlí z kladenských dolů do Prahy. Obě tyto železnice měly rozchod 1106 mm a jsou uváděny jako dvě nejstarší železnice na Evropském kontinentu [7].

V roce 1839 dorazil do Čech první parní vlak z Vídně (obrázek číslo 2), který propojil průmyslové oblasti severní Moravy a Slezska s Rakouskem-uherským a následovali další tratě v letech 1841 a 1848.



Obrázek 2- Parní lokomotiva řady 310 [8]

V letech 1858–1870 vznikli další tratě tzv. uhelné dráhy Ústecko – teplická, Buštěhradská dráha a Brněnsko – rosická. Železniční tratě mezi Chomutovem-Teplicemi-Ústím nad Labem byly napojeny na labskou přístavní vlečku, která umožnila export hnědého uhlí do Saska. Export hnědého uhlí taky zprostředkovávala a zajišťovala společnost Buštěhradské dráhy. Jejich tratě vedly z Chomutova do Chebu přes vrcholky Krušných hor do Saska.

Na uvedených datumech můžeme vidět dynamický rozvoj železnice. Budovali se nejen hlavní tratě ale hlavně místní, které významnou měrou ovlivnili průmyslový rozvoj v oblastech, kterými procházely. Na konci 19. a začátkem 20. století nebyla žádná jiná doprava, která by měla tak velký kapacitní objem. Jediná železniční doprava byla schopna převést takové množství surovin do výroby a zajistit levný odvoz hotových výrobků. Na výstavbě lokálních tratí se podíleli nejen velké železniční společnosti ale hlavně firmy a společnosti, kterým to přineslo ekonomický rozvoj a snížilo náklady.

Milníkem v železniční dopravě nejen v Čechách ale i v Evropě byla elektrifikace hlavních tratí. První místní elektrifikovaná trať Tábor-Bechyně spatřila světlo světa v roce 1903 a podílel se na ní český elektrotechnik František Křížík [7].

V roce 1918 se vznikem samostatného Československého státu vznikají Československé státní dráhy (ČSD), které fungovaly až do roku 1992 s výjimkou let 1939–1945 kdy Československo okupovalo fašistické Německo.

2.2 Poválečný stav nákladní železniční dopravy v Čechách

Hlavním úkolem v prvních poválečných měsících bylo zprovoznění poškozených železničních tratí. Bylo zničeno na tři tisíce pět set km tratí a z původních devadesáti tisíc nákladních vozů jich zbylo pouhých sedmnáct tisíc.

Poválečné budování socialistického Československa provázely intenzivní rozvoj hornictví, průmyslu a železniční dopravy. Na Severu Čech mnoho železničních tratí musely ustoupit masivní těžbě povrchových lomů na hnědé uhlí. Mezi Chomutovem, Mostem a Teplicemi vznikají nové železniční stavby. Buduje se masivní síť elektrifikovaných železničních tratí, pro které je zvolena elektrifikace stejnosměrným proudem 3 kV, a to na severovýchodní části republiky. Na jihozápadních tratích se při elektrifikaci používal proud střídavý 25 kV [7].

2.3 Nákladní doprava po rozdělení Československa v roce 1993

Na počátku 90. let minulého století na železnici přineslo mnoho změn. V roce 1993 se mění název Československé dráhy (ČSD) na České dráhy (ČD). Zahájila se modernizace tranzitních koridorů. České dráhy se zapojily do nových projektů, jako např. mezinárodní přeprav nákladních automobilů systémem Ro-La z Lovosic do Drážďan.

V prosinci 2007 vzniká společnost ČD Cargo a.s. která je dceřinou společností

ČD a.s. Je to nový začátek nákladní železniční dopravy v České republice. Novou společnost od počátku vzniku provázejí problémy s probíhající ekonomickou krizí v železniční dopravě, postupná obměna zastaralého vozového parku, aby byla schopna konkurovat mezinárodním železničním dopravcům s okolních států je nucena nakoupit moderní lokomotivy Siemens, Vektron, které mohou realizovat přepravu nákladu po železnicích v Evropě [10].

2.4 Historie železniční dopravy na SD a.s. DNT

Historie železniční dopravy na dolech v severních Čechách se datuje k roku 1962, kdy na lomech Milžany a Přezetice vzniká vlečkový provoz pro přepravu hnědého uhlí do železniční stanice Březno u Chomutova. V té době přepravu uhlí zajišťovala starší lokomotiva řady 334, soupravu obsluhovalo osm pracovníků a byli schopni přepravit cca 2500 tun uhlí denně. O rok později se v Tušimicích do provozu spouští první blok elektrárny ETU I, která je zásobována uhlím z dolu Nástup důlní dráhou z Pruněrova (T4) do Tušimic (T1). V té době se posiluje strojový park o nové motorové lokomotivy a pronajímají se velkokapacitní vozy řady WAP v počtu 30 kusů od Československých drah (ČSD) a narůstá trojnásobný stav pracovníků obsluhy [7].

V roce 1964 se zaměstnanci obsluhy vlečkového provozu dolu Merkur a Nástup organizačně přičlení k nově vzniklému provozu pod názvem Kolejová doprava, která spadá pod důl Nástup. S dalším nárůstem a otvírání nových bloků elektrárny ETU I bylo zapotřebí rozšířit strojní i vozový park. Byly zakoupeny nové motorové lokomotivy (obrázek číslo 3) a vlastní velkokapacitní vagony WAP. Následující rok z důvodu přechodu zásobování ETU I pasovou dopravou poklesla dopravní kapacita Kolejové dopravy z 2 mil. tun na 500 tisíc tun.



Obrázek 3- Lokomotiva řady T334 [22]

V roce 1967 se mění směr přepravy uhlí z Tušimic do Pruného pro EPRU I z nově otevřeného dolu v lokalitě Tušimic – důl Merkur. Převážná kapacita v tomto roce byla 390 tisíc tun uhlí, které přepravovaly motorové lokomotivy T444 (obrázek číslo 4) a T435. Tyto lokomotivy, ale měly problémy s výkonem a výdrží vzhledem k náročným traťovým poměrům. Problém Kolejová doprava vyřešila nákupem nových vhodnějších lokomotiv typu T669, které byly schopny přepravit soupravu 10 vozů WAP [7].

V roce 1970 byly zprovozněny všechny bloky EPRU I a přeprava uhlí pro elektrárnu z Tušimické lokality činila cca 4 mil. tun. Tento trend se postupně zvyšoval až v roce 1978 dosáhl hodnoty 4,75 mil. tun. V následující rok je zahájen zkušební provoz elektrické trasy T1 z Tušimic do Března u Chomutova. V těchto počátcích se ještě používali diesel lokomotivy řady 444 (obrázek číslo 4).



Obrázek 4- Lokomotiva řady 444 [22]

V roce 1980 byl zahájen provoz EPRU II a před Kolejovou dopravou vystává problém s dostatečným zajištěním dodávky uhlí pro obě Prunéřovské elektrárny. Tento problém měla vyřešit elektrifikace tratě v roce 1982 (obrázek číslo 5). Zvyšující nároky na zásobování EPRU I a EPRU II si vyžadoval navýšení na 16 osádek na jednu směnu což nebylo možné technicky zajistit. Technologické středisko kolejové dopravy přišlo s řešením spojit dvě elektrické lokomotivy v jeden mnohočlen s jedním obsluhujícím strojvedoucím. Toto opatření ušetřilo 4 osádky na směnu a umožnilo spojit dvě vozové soupravy v jednu. Tato souprava byla schopna uvést 18 naložených vozů WAP.

Dvacátá léta 20. století byla transformací státních podniků v ČR na akciové a jiné společnosti. Proto taky v roce 1994 vzniká akciová společnost Severočeské doly, které se spojily s Doly Nástup Tušimice a Dolu Bílina tím se stala největší hnědouhelnou společností v ČR. I kolejová doprava se musela přizpůsobit novým podmínkám a obchodním

Bc. Oldřich Hybner: Optimalizace kolejové dopravy při zajištění dodávky hnědého uhlí
do regionálních elektráren

vztahům. SD-KD zakoupila od Škody Plzeň v roce 1995 čtyři lokomotivy řady 184 (obrázek číslo 6).[7]



Obrázek 5- Lokomotiva řady 111 [22]



Obrázek 6- Lokomotiva řady 184 [foto autor]

Tyto lokomotivy mají nízkou energetickou náročnost a jsou klíčovými stroji pro přepravu uhlí z DNT. Jejich počet je ale pro potřeby nedostatečný proto se doplňují lokomotivami řady 130 (obrázek číslo 7), které jsou zapojovány v mnohočlenném řízení. Stále se na dolech v dopravě používají dieselelektrické lokomotivy pro případ nouze nebo při výpadku trakčního vedení. Též se využívají v letním období pro nakládku uhlí na velkokapacitní skládce DNT při odstávce nakládacího zásobníku.



Obrázek 7- Lokomotiva řady 130 [9]

V rámci restrukturalizace jednotlivých provozů Severočeských dolů a.s. byla dne 7.11.2001 zápisem u krajského soudu v Ústí nad Labem založena 100% dceřiná společnost SD – Kolejová doprava a.s. Nově vzniklý podnikatelský subjekt se snaží rozšířit své podnikatelské aktivity i o jiný typ podnikání, než je provozování drážní dopravy. Od 1. února 2008 převzala SD – KD provoz zauhlování na elektrárnách Mělník a postupně v roce 2009 pak na elektrárnách Prunéřov, Ledvice a Tušimice. Dalším cílem společnosti je zajišťování přepravu uhlí po celostátních drahách [7].

3 SYSTÉM DODÁVEK UHLÍ

Systém dodávek jednoúčelových průmyslových topných směsí a hrubých hnědouhelných prachů pro elektrárny a teplárny se řídí smluvně a dle potřeby společnosti ČEZ, která nepřímo ovládá společnost Severočeské doly, a.s. a tím i společnost SD – Kolejová doprava, a.s. do které patří Revitrans, a.s. a Prodeko, a.s. Strategický plán společnosti na rok 2020 je zajištění bezproblémové přepravy uhlí a vápence v daném objemu dle požadavků a potřeb (obrázek číslo 8).



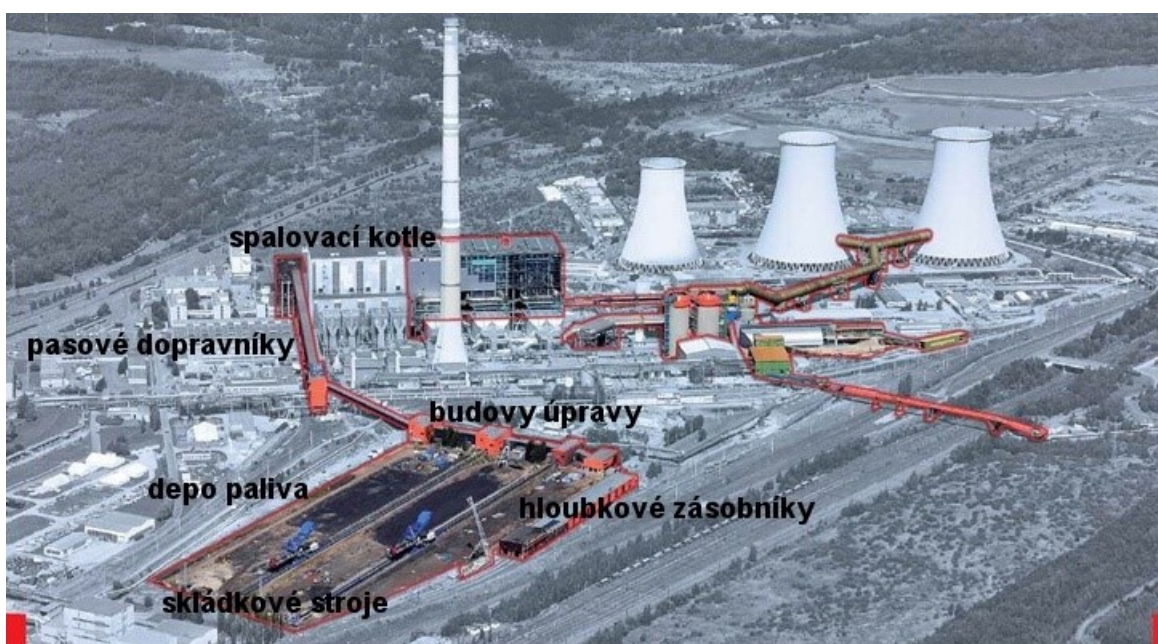
Obrázek 8 - Sklad pro uložení vápence [foto autor]

3.1 Dodávka a spotřeba uhlí v závislosti na výkonech el. bloků

Plánování dodávky uhlí pro energetickou spotřebu je plánovaná dle aktuální spotřeby elektrické energie v České republice. Podle pokynů a situace dispečera ČEPS a.s., vedoucí řízení výroby ve spolupráci se směnovým inženýrem EPRU potřebné množství energetického paliva u dispečera DNT.

Dispečer o objemovém množství informuje dispečera SD-KD hradlaře obsluhujícího hradlo T1. Hradlař zajistí potřebný počet objemových vozů s energetickým uhlím. Směnový revírník kolejové dopravy, zajistí pro danou směnu potřebný počet lokomotiv.

EPRU II na výrobu elektrické energie disponuje třemi bloky. Tyto bloky jsou jednotlivě zásobovány energetickým palivem ze zásobníků do, kterých je dopravováno zauhlovacím zařízením. Zásobník pro jeden blok (kotel) má kapacitu 8 x 250 t paliva (obrázek číslo 9).



Obrázek 9- Celkový pohled na EPRU II [15]

Výkon jednoho bloku je maximálně 250 MW, k tomu je potřeba dodat do kotle 193 t.hod⁻¹. V roce 2019 byl průměrný výkon EPRU II 170 MW. Pro tento výkon bylo zapotřebí hodinově dodávat 187 tun uhlí pro každý blok elektrárny. Dojde-li k poklesu výkonu bloku na 130 MW což je kritický, minimální výkon dochází k odstavení bloku.

3.2 Zauhlovací technologie EPRU

Doly Nástup Tušimice pomocí kolejové dopravy zásobuje energetickým uhlím pruněrovskou elektrárnu do hlubinných zásobníků a na zauhlovací skládku paliva. Tento technologický celek zabezpečuje provoz elektrárny při možném výpadku kolejové dopravy při dodávce paliva a během státních svátků mezi SD a.s. a ČEZ a.s.

Zauhlovací technologie se skládá z hlubinného zásobníku, vyhrnovacích vozů (obrázek číslo 10), pasových dopravníků pro jednotlivé kotle, skládkových strojů pro manipulaci s uhlím na skládkových depech, mechanizace pro úpravu paliva, pasové váhy a vzorkovače paliva (obrázek číslo 11).

Pasová doprava uhlí do jednoho bloku je zajištěna pro bezporuchový provoz dvěma linkami A, B o maximálním výkonu 1600 t.hod^{-1} . Ovládání dopravního pasu zauhlování je řešeno centrálně z velínu. Dopravník je poháněn pohony, které jsou napájeny 6 kV případně 380 V.



Obrázek 10- Vyhrnovací vozík pod zásobníkem paliva na EPRU II [foto autor]

3.3 Pasová doprava na EPRU

Zauhlovací pasová doprava elektrárny začíná u hlubinného zásobníku, který má funkci přechodného skladu energetického uhlí před dopravou do jednotlivých kotlů. EPRU disponuje dvěma HZ o celkové kapacitě 8000 t palivového uhlí. Ve svrchní vrstvě zásobníku

dochází k výsypu železničních vozů Wap (Falls). V hlubinné části zásobníků je nainstalován ocelový stůl, z kterého za pomoci vyhrnovacích vozů je palivo hrnuto na dopravní pás a odtud až do kotle.



Obrázek 11- Vzorkovač paliva [foto autor]

Bc. Oldřich Hybner: Optimalizace kolejové dopravy při zajištění dodávky hnědého uhlí
do regionálních elektráren

Technické parametry hlubinného zásobníku. Délka zásobníku 180 m, šířka 18 m a hloubka ke stolu zásobníku 12,5 m. Vyhrnovací vozíky se pohybují po celé délce hlubinného zásobníku o rozchodu pojezdu vozíku 1,74 m, rychlostí $0,03 \text{ m s}^{-1}$. Vozíky jsou tří rychlostní podle potřeby výkonu 400, 600, 800 a 1000 t hod^{-1} .

Pásové dopravníky jsou značeny postupně řadou T2 až T8. První z řady dopravníků je T2, na který se z vyhrnovacích vozů vyhrnuje palivo ze zásobníků a předává se na další pásový dopravník T3. Na pásovém dopravníku je pojezdová hlavice, která slouží k přesunu pásu na linku A nebo B. Z pásového dopravníku T3 se dopravuje palivo na skládku paliva pásem T4. Do kotlů pak pásem T6 podle potřeby elektrárny.

Pro přesné dávkování energetického paliva jsou na řadovém celku T3 instalovány elektronické váhy, které jsou umístěny taky na pásech skládkových strojů a na pasech řady T7. Na pásové řadě T6 jsou pro bezpečnost provozu instalovány elektromagnetické separátory železa (BOEKELS). Na přesypových místech celků T6 a T7 je zřízeno odběrové místo kvality paliva. Odběry dopravovaného paliva jsou pravidelné a odebrané vzorky zpracovává laboratoř.

Pokud odebrané vzorky nevykazují rozdíly kvality od nastavených norem tak se palivo předá na pás řady T8. Zde je poslední celek pásové dopravy zauhlování, kde je naistalováno 24 pluhů za jejich pomoci je palivo shrnováno do jednotlivých zásobníků kotlů tepelné elektrárny.

K hladkému a bezporuchovému provozu EPRU II napomáhají nemalou měrou skládkové stroje SS1, SS2 (obrázek číslo 12), které zásobují elektrárnu ze skládky paliva za pomoci pásového dopravníku T4 na dopravník T6.

Technické parametry jednotlivých technologických řad.

- T2 – výkon 800 t.hod^{-1} , rychlost $2,5 \text{ ms}^{-1}$, délka 238 m, šířka 1200 mm,
- T3 – výkon 1600 t.hod^{-1} , rychlost $2,5 \text{ ms}^{-1}$, délka 429 m, šířka 1600 mm,
- T4 – výkon 1600 t.hod^{-1} , rychlost $2,5 \text{ ms}^{-1}$, délka 831 m, šířka 1600 mm,
- T6 – výkon 1600 t.hod^{-1} , rychlost $2,5 \text{ ms}^{-1}$, délka 496 m, šířka 1600 mm,
- T7 – výkon 1600 t.hod^{-1} , rychlost $3,2 \text{ ms}^{-1}$, délka 565 m, šířka 1600 mm,
- T8 – výkon 1600 t.hod^{-1} , rychlost $2,5 \text{ ms}^{-1}$, délka 471 m, šířka 1600 mm.

3.4 Skládkové stroje a skládka paliva na EPRU

Skládkové stroje na EPRU jsou typu LZKS – 1000.500.31.5/40. s instalovaným výkonem 640 kW. Napájení je přes transformátor 6 kV, napětí na pohonech je 380 V a ovládací proud je 220 V. Základní části skládkového stroje – kolejový podvozek, otočný svršek, nakládací koleso s korečky, reverzní pásový dopravník, ovládací skupina prvků, podávací a sypový vůz, sestava elektromotorů, převodovek, spojek, brzd, hydraulické a elektrické části.



Obrázek 12- kolesový skládkový stroj na EPRU II [foto autor]

Nakládací koleso má průměr 8 m a je bez komorové. Koleso je uchycené na hřídel upínacím zařízením typu Ringfeder. Je osazeno celkem 8 korečky o objemu 800 dm³. Uložení hřídele je ve valivých ložiscích.

Otočný svršek se skládá z podpěrné konstrukce protizávaží a odtahu, podpěrné konstrukce korečkového kola a pevného stožáru. Pracovní poloměr svršku je 31,5 m a úhel otoček podvozku 105° . Maximální rychlost otáčení vršku 33 m min^{-1} .

Reverzní pasový dopravník, který je v technologickém řádu značen T4 plní funkci dopravníku nakládacího nebo ukládacího. Palivo buď ukládá na skládku paliv zauhlování nebo palivo nakládá na zauhlovací pás T6 a palivo putuje dál až kotlů bloků elektrárny. Ovládací skupinu prvků můžeme dělit na jednotlivé funkční celky – hydraulický mechanismus zvedání kabiny, podpěra kabiny, kabina operátora, čelistové brzdy, pohyblivé a pevné plošiny (obrázek 13).



Obrázek 13- skládkové stroje na EPRU II [foto autor]

Podávací a sypový vůz se skládá ze dvou částí, horní a podvozku. V horní části prochází podávací dopravník s pohonem pasu o rychlosti 4 m s^{-1} , šířce 1600 mm a délce 27 m. Podvozková část je uložena na kolejích za pomoci čtyř kol. Každé kolo je pojezdové o průměru 800 mm a rozchodem kolejí 7 m. Maximální tlak na kolo vozu je 29 t, na spodní

části vozu se nacházejí bubny s kabely, transformátor se skříní elektrického zařízení a plošinou pro obsluhu. Sypový vůz pro zakládání energetického paliva je zvedán pomocí hydraulického zařízení. Sejpový vůz je opatřen dvěma pojezdovými koly o průměru 400 mm s rozchodem kolejí 7 m [3].

Podvozek skládkového stroje je portálový kolejový s 32 pojezdovými a 16 hnacími koly o průměru 800 mm a rozchodem kolejí 7 m. Maximální tlak na kolo 30 t. Hydraulický systém stroje LZKS ovládá pohony přestavování klapky otáčení vršku stroje, k vedení korečkového tělesa, k pohonu korečkového kola, k napínání reverzního pásu a ke zvedání kabiny obsluhy.

Skládka energetického paliva na EPRU slouží pro případné dodávky paliva ze strany DNT nebo v období státních svátků. Kapacita skládky na EPRU je 235000 tun paliva při sypné váze 0,9 t m³. K zakládání a odběru palivového uhlí se používají skládkové stroje, které se pohybují po kolejích vlastním pohonem. Skládka má tři skládkové pole s kapacitou cca 75000 tun paliva.

3.5 Nakládka paliva a propustnost železniční trati

Palivo pro elektrárny je nakládáno z nakládacích zásobníků ústřední drtírny uhlí (obrázek číslo 14) Tušimice (ÚDUT). Časy, které jsou uvedeny jsou zprůměrovány a vycházejí z celkového ročního měření systému vážního výpisu. Systém zaznamenal 9755 měření, což je v přepočtu 26,73 vlakových souprav denně. Jedna souprava má celkem 18 vozů a z údajů výpisu vychází, že průměrný čas nakládky soupravy je 37,23 minut. Z tohoto času lze snadno dojít k průměrnému času 2,05 minuty, který je potřebný na naložení jednoho vozu Falls.

Pokud bychom ze systému měření vyřadili nadměrně dlouhé časy, které se pohybují okolo tří hodin a bylo jich za rok naměřeno 22 celkem, dosáhlo by se průměrného času nakládky soupravy 36,9 minut.

Pro co nejpresnější analýzu času nakládky je nutné vzít na zřetel časy potřebné k přistavení vozů k nakládce. Tato manipulace zahrnuje přivezení prázdné soupravy a provést nutné úkony k přistavení (odvěšení soupravy, objetí soupravy a následné přivěšení soupravy) podle předpisů pro důlní dráhy D-D1 a D-D2. Dále je nutné provést jednoduchou kontrolu brzd vlakové soupravy, přenastavení přestavovačů brzd na vozech Falls a provést

vizuální prohlídku soupravy. Tyto potřebné úkony k přistavení soupravy k odjezdu trvají průměrně 38 minut. Nezapočítává se doba, kdy se čeká na uvolnění koleje pod nakládacími zásobníky.



Obrázek 14- Ústřední drtírna uhlí Tušimice [foto autor]

Pokud bychom ze systému měření vyřadili nadměrně dlouhé časy, které se pohybují okolo tří hodin a bylo jich za rok naměřeno 22 celkem, dosáhlo by se průměrného času nakládky soupravy 36,9 minut.

Pro co nejpresnější analýzu času nakládky je nutné vzít na zřetel časy potřebné k přistavení vozů k nakládce. Tato manipulace zahrnuje přivezení prázdné soupravy a provést nutné úkony k přistavení (odvěšení soupravy, objetí soupravy a následné přivěšení soupravy) podle předpisů pro důlní dráhy D-D1 a D-D2. Dále je nutné provést jednoduchou kontrolu brzd vlakové soupravy, přenastavení přestavovačů brzd na vozech Falls a provést vizuální prohlídku soupravy. Tyto potřebné úkony k přistavení soupravy k odjezdu trvají

průměrně 38 minut. Nezapočítává se doba, kdy se čeká na uvolnění koleje pod nakládacími zásobníky.

Vyložení jedné soupravy paliva trvá průměrně 49 minut a bývá ovlivněn aktuální povětrnostní situací. Zima, mráz, dlouho trvající deště způsobují, že v nákladovém prostoru vozů se tvoří nálepy, které podstatně prodlužují čas vykládky. Tyto prostoje se dají řešit dvěma způsoby. Mechanicky za pomoci čistícího portálového jeřábu, který je schopen vyčistit pouze dva vozy a je nutné provádět posun, který čas vykládky prodlužuje, nebo ruční čištění vzduchovými trubicemi. Vzduchem lze vyčistit až sedm vozů bez nutnosti posunu vozů. Ruční čištění je podstatně náročnější a nedosahuje kvalit mechanických.

Čas nakládky, přepravy a vykládky paliva ovlivňuje propustnost železniční trati. V minulosti se palivo do EPRU dopravovalo po jednokolejné trati a pro zajištění dostatečného objemového množství energetického paliva pro elektrárny bylo nutné navýšení vozů Falls (Wap) na dvacet a zdvojení lokomotiv řady E 469. V dnešní době jsou tratě do EPRU dvojkolejné a propustnost je 4 vlakové soupravy do EPRU a 4 vlakové soupravy z EPRU, a to během jedné hodiny.

3.6 Odhadované problémy při přepravě

Největší předpokládané problémy se dají očekávat na T1 – EPRU v kilometrovém úseku 2,3 – 2,5 trati. V uvedeném místě je stoupání skoro 19 promile a celý tento úsek důlní dráhy je veden v obloukovém profilu a značně stěžují dopravu. Řešení tohoto problému je ekonomicky i konstrukčně dost problematické, a proto je třeba toto brát jako fakt, který nelze měnit. Uvedený úsek trati je součástí celku T1 a v tomto úseku je stanovená maximální rychlost na 30 km/h. Výjimku a změnu maximální rychlosti může udělit a provést pouze OBÚ Most. Provedená výjimka změny maximální rychlosti by sebou nesla další náklady na přemístění návěstidel, které jsou rozmístěny podle rozhledových poměrů na trati kde je počítáno s rychlostí 30 km/h. Zvýšení na rychlost 40 km/h by kolejový svršek i spodek trati dovolil a navýšení zvládl, ale při odtahu ložených vagonů se na kolejích zvolna usazuje uhelný prach, který značně snižuje adhezní podmínky a způsobuje problém s prokluzem hnacích kol lokomotiv. Je zde třeba počítat i s nepříznivými povětrnostními podmínkami. Problém s prokluzem hnacích náprav lokomotiv částečně řeší pískovače lokomotiv, které podsypávají koleje pískem to je ale závislé na schopnostech a zkušenostech

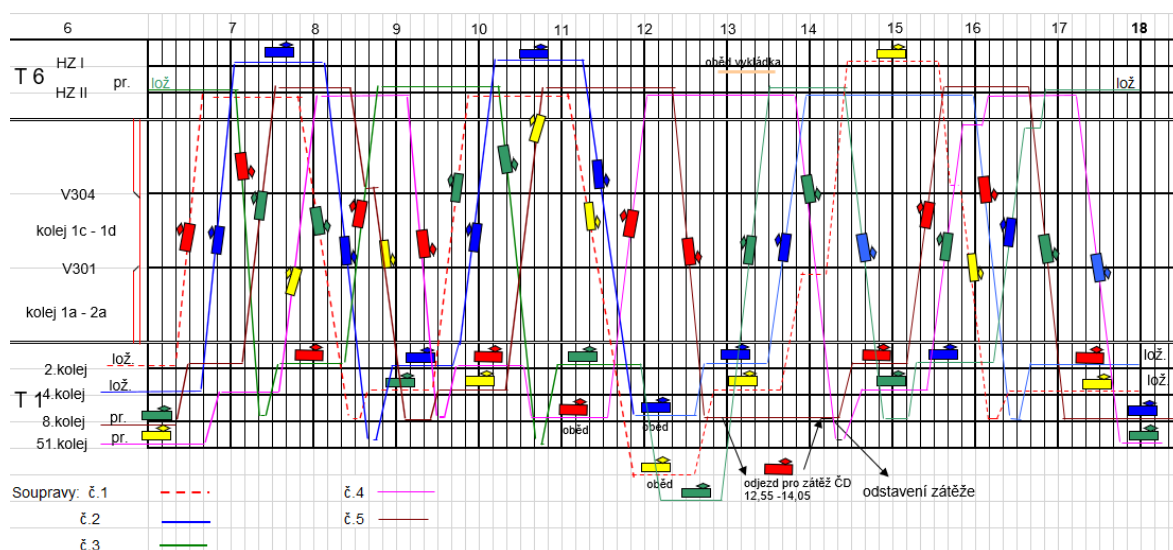
konkrétního strojvedoucího soupravy. Dalším problémem s adhezními podmínkami bývá přechod ze suchého do vlhkého počasí. Příčinu opět způsobuje uhelný prach. Paradoxně trvalý déšť takové problémy s adhezí nevytváří. Pro zlepšení odporových vlastností v extrémních podmínkách, které působí na pohybující se vlakovou soupravu se v roce 2009 zkušebně nainstalovalo zařízení Whitmore BioRail na bázi mazacího tuku, který při průjezdu hnacího vozu na vnější část pojezdového profilu hnacího kola vytlačí mazací tuk, který napomáhá k snížení bočního odporu. Po zavedení tohoto zařízení bylo zjištěno, že je sníženo opotřebení dotykových ploch kol vlakové soupravy, a to jak hnacích vozidel, tak železničních vozů Falls. Toto zařízení pro DNT dodala společnost První Signální a. s. Ostrava.

Další problém, který by mohl teoreticky nastat je rozjezd vlakové soupravy na jakémkoli úseku trati. Nejkritičtější místem pro rozjezd je na traťovém kilometru 8,6 až 9,4 kde stoupání dosahuje 18 promile. V tomto místě zastavení vlakové soupravy by bylo potřebné pro její rozjezd použít a zajistit další lokomotivu na postrk. Pokud by taková situace nastala řeší ji osádka lokomotivy z EPRU II, která vykonává posunovou činnost na skladových depech. K tomuto problému může dojít tehdy, když dojde ke špatným adhezním podmínkám, které již byly popsány v předešlém odstavci. Ze statistik vychází, že zastavení vlakové soupravy v tomto úseku je velmi vzácné a ojedinělé a plyne z nedostatečné znalosti a praxe strojvedoucího, který nedostatečně neovládá technické zvládnutí jízdy v takových případech. Ponechání lokomotivy v prokluzu má za následek únavu materiálu u vozů soupravy. U těchto vozů dochází k tahovému a tlakovému namáhání, což vede k značnému opotřebení spojovacích částí vlakové soupravy.

3.7 Soupravy k odtahu a velikost posádek

V roce 2014 kolejová doprava DNT přepravila bezmála 6300 vlakových souprav s energetickým palivem do přilehlých pruněrovských tepelných elektráren. V průměru to činí 8,6 vlakových souprav na jednu pracovní směnu a je to průměr za celý rok včetně svátků a výluk. Za pomoci grafikonu (obrázek číslo 15) lze jednoduše zjistit, že čtyři osádky jsou schopny zajistit odvoz dvanácti souprav energetického paliva za jednu směnu na EPRU II a zároveň tři soupravy pro EPRU I. Dodávky energetického paliva na EPRU I. byly v roce 2020 přerušeny z důvodu ukončení výroby k předpokládané životnosti elektrárny a plnění ekologických limitů ze strany společnosti ČEZ.

Plně obsazená směna má šest vlakových osádek. Současný stav osádek je kapacitně vyhovující pro dodávku paliva. Vždy jedna osádka plní funkci střídačů pro případ zajištění dodávek v době dovolených, nemoci nebo v případech náhradního volna, které poskytuje zaměstnavatel k vyrovnání rozdílu pracovního fondu mezi pracovníky pracujícími v osmihodinových a dvanáctihodinových směnách. Při maximálním výkonu elektrárny jsou smluvní požadavky na dodávku třinácti souprav za jednu směnu. Tento požadavek bývá výjimečný a bývá obvykle po vícedenních svátcích, kdy přeprava paliva z DNT je pozastavena a EPRU zásobování řeší z vlastní skládky energetického paliva. Toto navýšení je nutné z provozních předpisů zauhlování, kde je nařízeno, že nesmí celková kapacita skládky dosáhnout minimální hranice. Hranice minima se mění v závislosti na ročním období a je plánovaná na rok. Pro porovnání v zimním období je kapacita minimálního stavu 160 000 t a v letních měsících může klesnout až na 100 000 t. Zauhlovací skládka musí mít dostatečné množství paliva pro aktuální spotřebu elektrárenských kotlů, tak na doplnění skládky na požadovanou kapacitu během státních svátků. Navýšení dodávek paliva po odstávce EPRU I nejsou již nutné, protože SD – KD disponuje třemi vlakovými soupravami, kterými může pružně dorovnat požadavky odběratele. Dále tyto soupravy mohou být ekonomicky využity k odvozu energo sádrovce z EPRU II. Je to vedlejší produkt elektrárny z požadovaného ekologického odsíření a jeho uplatnění je ve stavebnictví jako tzv. alfa pojiva. EPRU II tohoto energo sádrovce vyprodukuje na 550 tisíc tun [11].



Obrázek 15- grafikon vlakových souprav na EPRU [13]

4 ŽELEZNIČNÍ VÝKONY A OBJEMY

Trendem výkonů a přepravních objemů v nákladní železniční dopravě na klíčových tratích je především v modernizaci železničních vozidel. Tento trend je sice finančně dosti náročný, ale vnese do železniční dopravy lepší užité parametry a vyšší výkony. Pro rentabilitu vložených prostředků je třeba zajistit efektivní využití infrastruktury a plynulý provoz, aby nedocházelo k negativnímu dopadu na spolehlivost nákladní železniční přepravy. Přepravní výkony pozitivně ovlivní správné plánování a koordinace kapacit dopravních cest [16].

4.1 Ekonomicky – technologické zhodnocení železniční dopravy

Železniční doprava je relativně starý druh dopravy. Její dominance se datuje do první poloviny 19. století, kdy ze strany automobilové nebo letecké dopravy neměla sebemenší konkurenci. V této době železniční dopravě mohla konkurovat snad jen lodní doprava, ale ta nemohla do budoucnosti konkurovat rychlosti a objemu přepravy zboží, a hlavně celoroční provoz železnice. Železniční doprava i do dnes patří neustále mezi nejvýznamnější druhy dopravy.

Železniční nákladní doprava je v současné době nejproduktivnější pro přepravu velkoobjemových zásilek (uhlí, ropa, písky a jiné stavební materiály) na střední a velké vzdálenosti. Na území ČR se nachází asi 15 600 km železničních tratí a tím se řadíme v Evropě mezi státy s nejhustší železniční sítí a v rámci objemu přepravy zboží na čtvrté místo v Evropě. Vlastníkem většiny železničních tratí nacházejících se na území ČR je stát, který je zastoupen státní organizací Správa železnic, státní podnik a za největšího dopravce v oblasti nákladní dopravy, podle Výročních zpráv Správy železnic, státního podniku, je společnost ČD Cargo a.s. [5].

V České republice k 5. srpnu 2020 je aktuálně zaregistrováno 121 železničních dopravců. Je to nejvyšší počet licencovaných dopravců, které kdy Česko mělo. Železniční doprava na celostátních a regionálních dráhách oproti 90. letům, kdy byl trend železnice rušit tak dnes jde o opačnou situaci. Roste poptávka dopravců o licencované strojvedoucí, kterých je na trhu práce nedostatek a podle průzkumu je průměrný věk strojvedoucího 49,3 let [12].

Dopravci, kteří se největším měrou podílí na přepravních výkonech [20].

- ČD Cargo a. s. cca 66 % vlakových km,
- Advances World Transport a. s. cca 8 % vlakových km,
- Metrans Rail s.r.o. cca 5 % vlakových km,
- Ostatní dopravci cca 21 % vlakových km.

4.2 Infrastruktura železnice v ČR

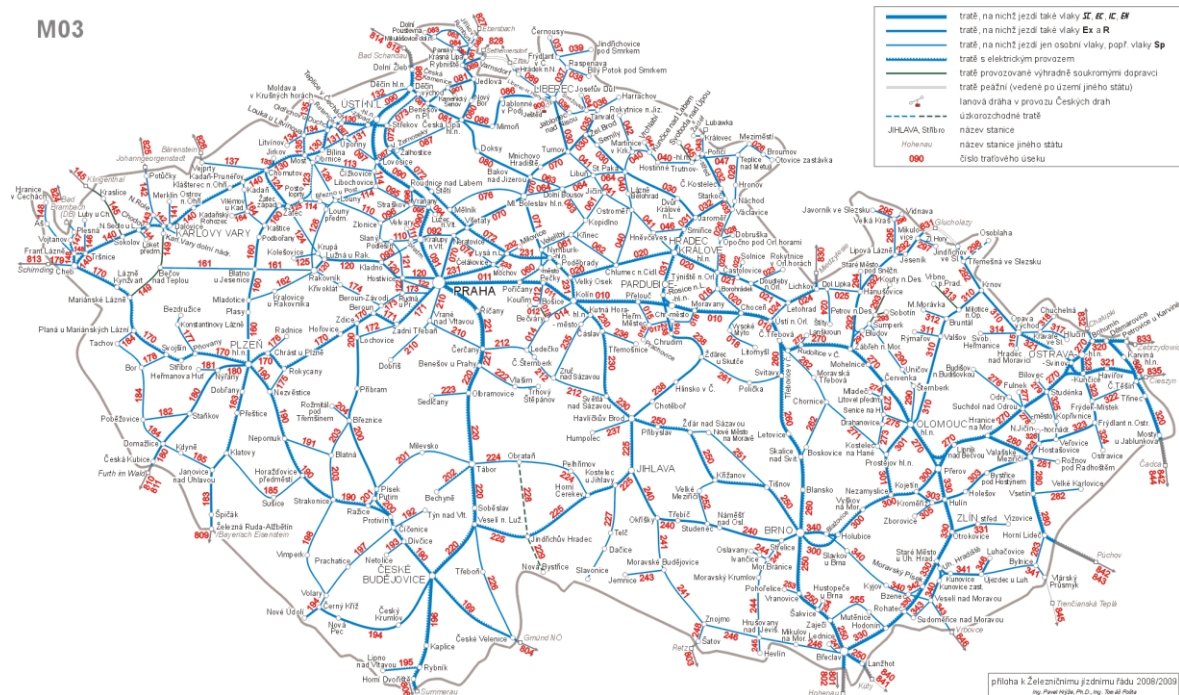
Rozloha ČR vyjádřena hodnotou 78 866 km² a délce tratí 15 600 km z toho 9 566 km provozních tratí řadí naši republiku k zemím s hustotou železničních sítí přibližně na 0,12 km na km² celkové rozlohy. Za poslední dvě desetiletí na území Čech a Moravy nedošlo téměř k žádnému prodloužení železniční sítě. Docházelo ke zvyšování kvality zaměřenou na přestavbu tratí na železniční koridory.

4.3 Kategorizace železniční sítě

V následujících bodech jsou vypsané jednotlivé kategorie drah podle Zákona č. 266/1994 sb., o drahách, v platném znění, se železniční dráhy člení do jednotlivých kategorií, a to z hlediska významu, účelu a technických podmínek (obrázek číslo 16) [3].

- Celostátní dráha – slouží k mezinárodní a celostátní veřejné železniční dopravě,
- Regionální dráha – slouží veřejné železniční dopravě, zaústěna do celostátní či jiné regionální dráhy
- Místní dráha – oddělená od celostátní či regionální dráhy, slouží k provozování neveřejné osobní drážní dopravy, osobní drážní dopravy pro potřeby cestovního ruchu nebo provozované historickými vlaky,
- Vlečka – slouží k vlastní potřebě provozovatele, zaústěna do celostátní, regionální dráhy či jiné vlečky,
- Zkušební dráha – slouží ke zkušebnímu provozu drážních vozidel,
- Speciální dráha – slouží k zabezpečení dopravní obslužnosti obce.

Další rozdělení dráhy je na vysokorychlostní železniční dopravu u těchto drah rychlost přesahuje 200 km/h a na dráhy konvenční kde se vozidla pohybují rychlostí do 200 km/h [3].



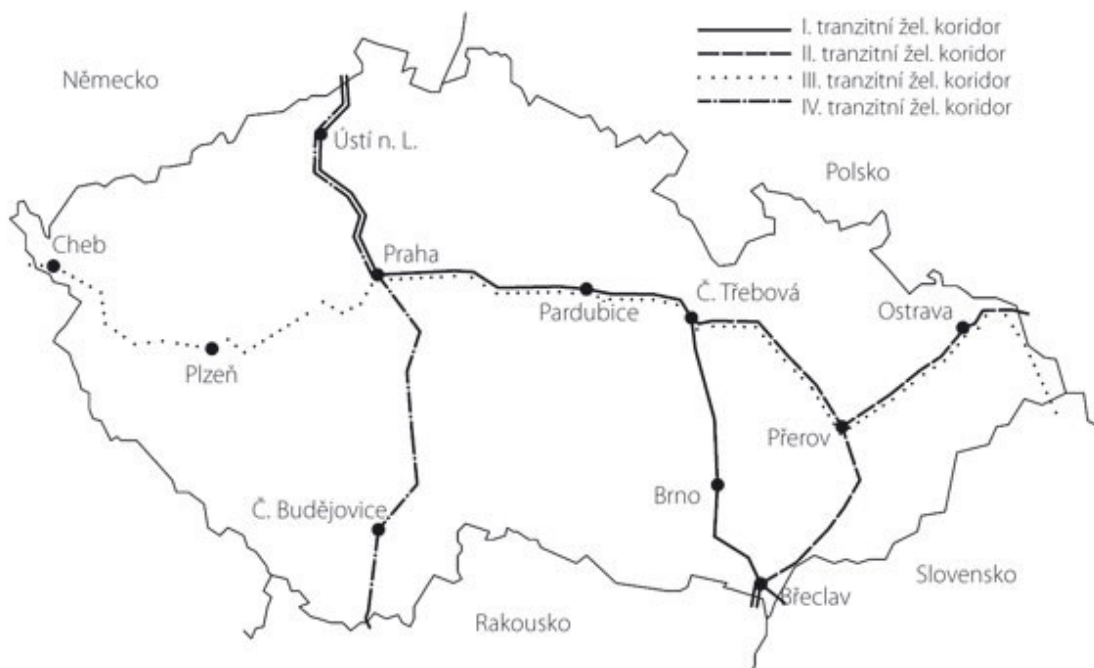
Obrázek 16- Stav kategorií železnic k 1.11.2019 [23]

4.4 Transzitní železniční koridory

Železniční koridor je železniční dráha, která je charakterizována vysokou dopravní rychlostí na dálkových a tranzitních dopravních tratích. Na území České republiky jsou čtyři tranzitní železniční koridory, které se stále modernizují dle platných mezinárodních norem a dohod (obrázek číslo 17).

- I. Železniční koridor (Berlín – Drážďany) – Děčín – Praha – Pardubice – Česká Třebová – Brno – Břeclav – (Viedeň/Bratislava – Budapešť),
- II. Železniční koridor (Gdaňsk – Varšava – Katovice) – Petrovice u Karviné – Ostrava – Přerov – Břeclav s odbočnou větví – Přerov – Olomouc – Česká Třebová,
- III. Železniční koridor (Le Havre – Paříž – Frankfurt ad Mohanem) – Cheb – Plzeň – Praha – Ostrava – (Žilina – Košice – Lvov) s odbočnou větví – Plzeň – Domažlice – (Norimberk),
- IV. Železniční koridor (Stockholm – Drážďany) – Děčín – Praha – Tábor – Veselí nad Lužnicí – České Budějovice – Horní Dvořiště – (Linec – Salzburg – Lublaň – Rijeka – Zagreb).

Mezi cíle mezinárodních železničních koridorů patří mezinárodní dohoda o napojení vybraných železničních sítí České republiky k hlavním Evropským sítím. To by mělo vést k optimalizaci, spolehlivosti, snížení znečištění životního prostředí a zrychlení dopravy.



Obrázek 17- Mapa železničních uzlů [23]

4.5 Základní technika železniční dopravy

Železniční kolejová vozidla díky tomu, že se pohybují po železniční dráze mají pětikrát nižší valivý odpor oproti silničním vozidlům z toho plyne značná úspora energií.

Železniční kolejová vozidla dělíme podle různých hledisek např. na hnací, hnaná (přípojná) a speciální vozidla.

Hnací vozidla – jsou stroje, které vyvíjejí vlastní tažnou sílu, určenou pro pohyb vlaku a soupravy

Hnaná (tažná) – jsou taková vozidla, které nevyvíjejí vlastní tažnou sílu a musí se jim pro pohyb dodat

Speciální vozidla – jsou vozidla, která jsou určena k údržbě, opravě a rekonstrukci železniční dráhy

Bc. Oldřich Hybner: Optimalizace kolejové dopravy při zajištění dodávky hnědého uhlí
do regionálních elektráren

Dále se železniční technika dá dělit podle vozby. Vozba je vlastně způsob dělený pohyb drážního vozidla po železniční dráze. Vozba určuje, o jaký přívod energie se jedná. Určujeme vozby závislé, polo závislé a nezávislé.

Závislá vozba – přívod elektrické energie je z vnějšího zdroje.

Polo závislá vozba – má alternativní přívod energie z vnějšího zdroje, zdroje hnacího nebo speciálního vozidla.

Nezávislá vozba – přeměňuje energii ze zdroje přímo na hnací vozidlo.

Hnací vozidla dělíme na lokomotivy, hlavová hnací vozidla a na hnací vozy a jednotky. Rozlišujeme lokomotivy elektrické, které jsou závislé a využívají elektrickou trakci. To je pohon hnacího vozidla s využíváním přeměny elektrické energie z vnějšího zdroje. Akumulátorové lokomotivy pohání energie z trakční baterie. Poslední typ lokomotivy s motorovou trakcí, která pohání vozidlo spalovacím motorem, který přeměňuje tepelnou energii na kinetickou.

Hlavová hnací vozidla mají pouze jednu čelní kabinu strojvedoucího a slouží pro vozbu přípojných nebo vložených vozů. Charakterizovány jsou uspořádáním pro přepravu osob nebo nákladu a znova se dělí na motorové, elektrické a akumulátorové.

Motorové – motorová trakce, nezávislá vozba.

Elektrické – elektrická trakce, závislá vozba.

Akumulátorové – energie z trakční baterie.

Hnací jednotka představuje nedělitelnou soupravu, která je sestavena z lokomotiv, hnacích vozů nebo hlavových hnacích vozů společně s vloženými a řídicími vozy.

Hnaná vozidla mohou přistavovat železniční vozy pro přepravu nákladu, přepravu osob nebo dopravu speciálními vozy. V rámci dopravy nerostných surovin se v České republice pro přepravu po železničních tratích používají výsypné vozy k přepravě hnědého a černého uhlí, sklářských písků, cementů, štěrků a vápence a jsou to nejčastěji tyto typy vozů [6]:

Ua Dumpcar – výsypný čtyřnápravový vůz zvláštní stavby s pneumatickým ovládáním výsypných klapek (obrázek číslo 18).



Obrázek 18- Ua Dumpcar – výsypný čtyřnápravový vůz [18]



Obrázek 19- Falls – čtyřnápravový výsypný vůz zvláštní stavby [18]

Falls – čtyřnápravový výsypný vůz zvláštní stavby s pneumatickým ovládáním výsypných klapek (obrázek číslo 19).



Obrázek 20- Faccpp (Chopper) – vůz s regulovaným výsypem. [18]



Obrázek 21- Faccs – čtyřnápravový výsypný vůz [18]

Faccs – čtyřnápravový výsypný vůz zvláštní stavby, určen pro přepravu volně ložených a sypkých hmot (obrázek číslo 20 a 21).



Obrázek 22- Talls – čtyřnápravový vůz s otevírací střechou [18]

Talls – čtyřnápravový výsypný vůz na přepravu sypkých hmot, vyžadujících ke své přepravě krytý prostor. Způsob vyprazdňování ručně nebo pneumaticky, bočními výsypnými klapkami (obrázek 22).

4.6 Druhy nákladní železniční dopravy

Nákladní železniční doprava přepravuje zásilky z bodu A do bodu B za určený čas. Na přepravní provoz a dodržování přepravních podmínek, cenových sazeb, vypracování přepravních smluv a případné reklamace zajišťuje státní správa.

Realizovat přepravu je možné pouze na základě řádné přepravní smlouvy, která má náležitosti stanovené Nařízením vlády č.1/2000 Sb., o přepravním řádu pro veřejnou drážní nákladní dopravu. Toto nařízení vlády dále upravuje podmínky přepravy vozových zásilek a spěšnin, plnění přepravní smlouvy a plnění smluvních podmínek.

4.7 Způsoby nákladní železniční dopravy

Vozová zásilka – pro přepravu je zapotřebí nejméně jeden samostatný vůz

Kusová zásilka – pro přepravu není nutný samostatný vůz, ale zásilka je omezena maximálním rozměrem nebo hmotností.

Spěšnina – zásilka kde hmotnost nepřesahuje maximální hmotnost 15 kg a je s ní snadná manipulace.

4.8 Železniční doprava při těžbě nerostných surovin

Už od historie hornictví bylo třeba natěžený nerost dopravit k úpravě a k spotřebiteli ručně nebo za pomoci koňské síly. Později se přeprava nerostných surovin začala mechanizovat a v polovině 19. století začaly vznikat první uhelné dráhy, které spojovaly uhelné doly s místy hlavní spotřeby. Jednou a z hlediska objemu přepravy dost důležitá byla uhelná dráha vedoucí pod Krušnými horami z Chomutova přes Teplice až do Ústí nad Labem.

Kolejová doprava na lomech má za úkol zajistit odvoz skrývkových hornin a průvodních zemin na výsypku. Samotný těžený nerost uhlí přepravit k úpravě, na skládková depa nebo do předávacích stanic veřejné dopravy. Pro potřeby lomu kolejová doprava zajišťuje přepravu materiálu a náhradních dílů pro lomy.

Důlní dráhy v lomech dělíme podle důležitosti na tratě:

Pevné tratě – slouží pro výjezd z lomů s těženým nerostem a odklizovým materiálem.

Spojovací tratě – slouží pro odvoz uhlí k odběratelům a odvoz průvodních hornin na vnější výsypku.

Pohyblivé tratě – jsou tratě budované dočasně u porubních nebo výsypkových front a po odtěžení přesunuta k dalšímu těžebnímu bloku.

Kolejová doprava používá lokomotivy elektrické v mimořádných situacích se používají lokomotivy dieselelektrické jako pomocné.

Vozy využívané na lomech pro přepravu těžených nerostů.

- Samovýsypné velkoprostorové vozy jednostranně sklopné korby pro provoz skrývky,

- Vozy sedlové se střeovitým dnem s oboustranným vyprazdňováním pro převoz uhlí,
- Vozy speciální plošinové pro přepravu jiných materiálů se středním výsypem.

4.9 Dopravní proces železniční dopravy

Dopravní proces je pohyb dopravních prostředků po dopravních cestách za ekonomicky dostupných nákladů na přepravu. Efektivní provoz na železnici vychází z provozních výkonů lokomotiv, hnacích vozů a vozů.

4.10 Dopravní výkony vozů

Oběh vozů je základním ukazatelem pro stanovení dopravního výkonu. Doba oběhu jízdy (o) je součet doby jízdy vlaku mezi stanicemi (t_1), doba posunu v seřadovacích stanicích (t_2) a doba nakládky vykládky (t_3) [2].

$$O = t_1 + t_2 + t_3 \quad (1)$$

Pro přepravu požadovaného množství je třeba výpočet vozů nutných k přepravě. K tomuto výpočtu použijeme potřebný počet vozů (n), který je dán součinem doby oběhu vozu (o) a průměrnou denní prací daného obvodu ve vozech (ud) [2].

$$n = o \times ud \quad (2)$$

Pro drážní nákladní přepravu je zapotřebí mít vozový park nákladních vozů v tomto členění – soukromé vozy, inventární vlastní vozy a cizí vozy na dané trati. Inventární vozy vlastní se dále rozdělují na provozní a neprovozní.

Provozní vozy

- Nepracovní (provozní zálohy, správkové vozy),
- Pracovní (pronajaté vozy, vozy vlastníka provozované na vlastní nebo jiné trati).

Neprovozní vozy (záloha, vozy pro vlastní potřebu a vozy na zrušení)

Cizí vozy (vozy provozované na dané síti)

Za jednu vozovou jednotku považujeme dvounápravové nebo tři nápravové vozy. Za dvě vozové jednotky pak čtyř a více nápravové vozy.

Ukazatel výkonů vozů je proběh vozů v nákladových kilometrech (nkm), to je koeficient převádějící vozový park ve vozech či vozových jednotkách na nápravy vozů. Nápravové vozy (u_{npr}) násobíme vzdáleností (s), kterou vůz v konkrétním období ujede [2].

$$nkm = u_{npr} \times s \quad (3)$$

Velikost nákladů při provozu železničních vozů má spojitost s nápravovými kilometry. Pokud se dosáhne snížení nápravových km při stejném objemu přepravy, dojde ke snížení nákladů pro přepravní podnik. Vozy v tomto případě dělíme na prázdné a ložné. Poměr je dán strukturní přepravními požadavky, kvalitou provozního řízení a sezónní výrobou. Pro efektivitu dopravy je nutné minimalizovat provoz prázdných vozů. Platí tedy vztah z průběhu vozů ložných (nkm_l) a prázdných (nkm_p) k ukazateli průběhu vozů (nkm) [2].

$$nkm = nkm_l + nkm_p = nkm_l + (1 + a_1) = nkm_l + (a_1/a_2) \quad (4)$$

a_1 = poměr prázdného proběhu vozu k ložnému

a_2 = poměr prázdného proběhu k proběhu celkem

Jízdní výkon v ujetých kilometrech v době oběhu vozu (o) je určen ukazatelem – běhu vozu (l), složený z běhu ložného vozu (l_l) a z běhu vozu prázdného (l_p). Používá se také pro výpočet koeficient prázdného běhu k běhu ložnému (kpl) [2].

$$l = l_l + l_p = l_l \times (1 + kpl) \quad (5)$$

Úsekovou rychlost vlaku (v_u) získáme ze vzdálenosti mezi stanicemi výchozími a cílovými + čas, který je potřebný pro překonání dané vzdálenosti [2].

$$v_u = vl_{km} / vl_{hc} \quad (6)$$

vl_{km} = vlakové km ujeté vlakem v daném obvodu

vl_{hc} = vlakové hodiny

Z uvedených ukazatelů lze odvodit dobu jízdy a pohyb mezi stanicemi (t_1). Čas při prostoji při posunu v seřadovací stanici (t_2) se použije průměrný počet stanic na jednu dobu oběhu (stech) a průměrné doby pobytu vozu v jedné stanici (t_{tech}) [2].

$$t_1 = l / v_u \quad (7)$$

$$t_2 = \text{stech} \times \text{ttech} \quad (8)$$

Pro zjištění času ve stanicích pobytu a posunu nakládky a vykládky (t_3) se používá počet ložných operací v době oběhu vozu koeficientem místní práce (k_m) a ukazatel průměrného pobytu vozu při ložných operacích (tnv) [2].

$$t_3 = k_m \times tnv \quad (9)$$

Základní tvar pro výpočet oběhu vozu, provozně ekonomického řízení jsou požadovány podrobnější údaje.

$$o = t_{11} + t_{12} + t_{21} + t_{22} + t_{31} + t_{32} \quad (10)$$

t_{11} = čas vlastní jízdy vozu ve vlacích

t_{12} = čas pobytu v mezilehlých stanicích

t_{21} = čas pobytu vozu ve stanicích se zpracováním

t_{22} = čas pobytu vozu ve stanicích bez zpracování

t_{31} = čas pobytu ve stanicích nakládky a vykládky při ložných operacích

t_{32} = čas pobytu ve stanicích nakládky a vykládky trávenou čekáním

Zjištění dopravních výkonů vozů je třeba doplnit o průměrný běh vozu (l_{prum}) a produktivitu vozu (Pvz). Průměrný denní běh je podílem běhu vozu a doby oběhu vozu.

$$l_{prum} = l/o \quad (11)$$

Produktivitu vozu udává výkon jednoho vozu v daném období a je to smluvený ukazatel. Je vyjádřen přepravním výkonem v tunách na kilometr přepravních vozů u potřebného vozového parku [2].

$$Pvz = tkmtar \times n \quad (12)$$

4.11 Dopravní výkony lokomotiv

Pro železniční dopravu jsou důležitým parametrem provozní výkony hnacích vozidel. Je nutné si uvědomit, že dopravní výkony vozů jsou odlišné od dopravních výkonů vozebních, protože vozební výkon je součtem výkonu dopravního.

Dalším sledovaným parametrem v procesu železniční dopravy jsou hrubé tunové kilometry. Ty se dále dělí na hrubé tunové kilometry zátěže ($tkhm_z$), lokomotiv ($tkhm_l$)

a vlaků (tkm_v). Hrubou tunovou kilometrovou zátěž (tkm_z) vypočteme tak, že k hmotnosti zboží ($tkmp$) připočteme vzdálenost, kterou ujely vozy v prázdném nebo ložném stavu (nkm) a násobíme hmotností vozu na nápravu (qn) [2].

$$tkm_z = tkmp + (nkm \times qn) \quad (13)$$

Hrubé tunové km vycházejí ze součinu jednotlivých hmotností lokomotiv (Q_{lok}) a vzdálenosti, kterou lokomotivy ujely (lkm_{uj}) [2].

$$tkm_v = \sum Q_{lok} \times lkm_{uj} \quad (14)$$

Hrubé tunové km vlaků vyjadřujeme součtem dvou předchozích hrubých tunových km lokomotiv a zátěže [2].

$$tkm_v = tkm_l + tkm_z \quad (15)$$

Lokomotivní kilometry (lkm) jsou ujeté kilometry hnacích vozidel, které se skládají z kilometrů ujetých na trati a kilometrů při posunu. Základním ukazatelem výkonu lokomotiv je ujeté užitkové kilometry v čele vlaku. Výjezd a návrat do domovského depa je čas obratu lokomotiv. Na základě tohoto ukazatele se dá určit potřebný počet lokomotiv ve vozovém parku [2].

Provozní výkony vlaků se odvozují od hrubé hmotnosti zátěže vlaku (Q_{vh}) a hrubých tunových km zátěže (tkm_z), které dělíme průběhem vlaků ve vlakových km ($vlkm$). Čím vyšší ukazatel tím méně lokomotiv je zapotřebí a jsou nižší vlastní náklady pro přepravce [2].

$$Q_{vh} = tkm_z / vlkm \quad (16)$$

4.12 Spotřeba energií lokomotiv na SD – KD

Na přepravu energetického paliva do prunéřovských elektráren se užívají lokomotivy řady 184, které přepravu zajišťují přednostně a řady 130 se používá doplňkově. Používají se na mnohočlenné řízení, které je ale energeticky náročnější. Měření spotřeby elektrické energie má za úkol elektromechanik provozu Tušimice, který průběžně spotřebu sleduje a kontroluje. V roce 2010 se SD – KD testoval provoz s dvaceti vozy Falls daný do jedné soupravy a byla měřena spotřeba elektrické energie na výše uvedených lokomotivách. Měřené výsledky jsou uvedeny v kapitole 5.1.

Kolejová doprava Tušimice má ve svém vozovém parku celkem 4 lokomotivy řady 184, 11 lokomotiv řady 130 a další lokomotivy dieselelektrické, které jsou vedeny jako záložní pro případ poruchy nebo výpadku elektrické energie. Dieselelektrické lokomotivy jsou nepostradatelné v letních měsících při odstávkách nakládacího zásobníku II na ÚDUT, kde zajišťují nakládku z velkokapacitní skládky DNT. V období odstávky zásobníku II se nakládka provádí starším typem nakladačem zásobníku I, který obvykle nesplňuje požadavky a je zapotřebí výpomoc několika souprav na skládce paliv.

Elektrické lokomotivy řady 184 (obrázek číslo 23) a 130 (obrázek číslo 24) může provozovatel provozovat na celostátních drahách. Tato přechodnost na celostátní dráhy umožňuje SD – KD lokomotivy pronajímat jiným dopravcům v případě zájmu a za předpokladu dostatečného plnění svých smluvních závazků.

Běžnou údržbu a menší opravy lokomotiv si kolejová doprava zajišťuje svépomocně v halách od SD, které se nacházejí v areálu DNT. V případě generálních oprav nebo oprav většího rozsahu KD využívá služeb externích firem, které zajistí dodávku a celkovou opravu lokomotiv [19].



Obrázek 23- Lokomotiva řady 184 [foto autor]



Obrázek 24- lokomotiva řady 130 [foto autor]

V rámci optimalizace a nalezení provozních úspor KD je třeba znát technická data provozovaných strojů. V tabulce č.1 uvádím data dvou nejvíce provozovaných lokomotiv řady 184 a 130.

Tabulka 1- Technická data lokomotiv [vlastní úprava]

Technická data	1 x 184	2 x 130
Maximální rychlost [km/h]	95	100
Jmenovitá rychlost [km/h]	51	51
Převodový poměr	81:18 (4,5:1)	78:27 (2,89:1)
Max. tažná síla při nulové rychlosti na mezi adheze [kN]	360	480
Tažná síla na mezi adheze při 50 km/h [kN]	257	346
Tažná síla při max. rychlosti [kN]	200	120
Trvalý výkon na hřídelích motorů [kW]	5220	4080
Celková délka přes nárazníky [mm]	20346	34420
Průměr hnacích kol [mm]	1250	1250
Rozchod hnacích kol [mm]	1435	1435
Hmotnost [t]	123	170

4.13 Železniční vozy provozovány na SD – KD

Kolejová doprava má ve svém majetku 210 vozů typu Falls a z tohoto počtu vozů jich může na celostátních drahách provozovat 174. Vozy tohoto typu se dopravuje energetické palivo z DNT do EPRU. Falls vozy jsou samovysypné se čtyřmi otvíracími klapkami, ty mohou být ovládány ručně pomocí ráčny nebo pneumaticky. Místo vykládky musí být uzpůsobeno pro tyto typy vozů s bočním samospádem sypných materiálů.

Vlastní hmotnost čtyřnápravových vozů Falls je 26,8 tun. Celková délka vozu 13,5 metru s ložným objemem 75 m³. Nakládací otvor vozu je umístěn v horní části a má velikost 12,44 m na 1,85 m. Vozy Falls běžně vyráběny pro železniční dopravu mají maximální zatížení nákladu na vůz 45 t. Všechny vozy v majetku kolejové dopravy mají upravené a zesílené podvozky a mají udělenou výjimku od příslušných technických úřadů na provoz takto upravených vozů. Ty mohou být loženy až na 53 t a zatížení na jednu nápravu 20 t. Mohou se pohybovat na tratích s rychlostí do 90 km h⁻¹. Takto upravené vozy s výjimkou musí být označeny dodatkovou zátěžovou tabulkou. Provoz vozů s výjimkou může být pouze v ucelených soupravách. SD-KD pro přepravu energetického uhlí své vozy plní na 53 t paliva [19].

4.14 Poměry důlní traťové dráhy DNT – EPRU

Pro rozvahu úspor nákladů na dopravu z DNT do EPRU je potřeba znát kilometrovou délku trati, její sklon a převýšení a maximální rychlosti v daných místech tratí. Začátek důlní trati je zarážedly kolejí 8 a, 10 a, 12 b a 14 tedy 0,000 km v dopravě T1 a končí na 2,512 km. Zde je povolena maximální rychlost 30 km h⁻¹ dle báňského předpisu D-D2. Lze provést výjimku v rychlosti pro ložné soupravy, ale musí být zabezpečena podmínka skutečných brzdných procent soupravy.

Zásobování EPRU II je prováděno vlakovými soupravami pojíždějících po vlečce EPRU na kolejích 601, 601 a, 603, 603 a. Kolej číslo 601 je nejkratší a její délka činí 515 m. Je tudíž plně dostačující pro případné navýšení počtu vozů v soupravě.

Pro přehled traťových poměrů na důlní dráze poslouží níže uvedená tabulka číslo 2 [4].

Bc. Oldřich Hybner: Optimalizace kolejové dopravy při zajištění dodávky hnědého uhlí
do regionálních elektráren

Tabulka 2- Traťové poměry DNT-EPRU [vlastní úprava]

Dopravna	od – do [m]	Sklon [‰]	Délka [m]	Max. rychlost [km.h-1]
T1	0-1678	0	1678	30
	1678-1958	+ 12,5	280	
	1958-2297	+ 9	339	
	2297-2384	+ 2,5	87	
	2384-2512	+ 18,9	128	
Traťový úsek	od – do [m]	Sklon [‰]	Délka [m]	Max. rychlost [km.h-1]
Širá trať	2512-2606	+ 12	94	50
	2606-2866	+ 10,5	260	
	2866-3557	+ 11,6	691	
	3557-3743	+ 10	186	
	3743-4098	+ 11,5	355	
	4098-4630	-4,1	532	
	4630-5099	+ 9,3	469	
	5099-5678	+ 1,9	579	
	5678-5770	- 11,6	92	
	5770-6237	- 18,5	467	
	6237-6635	- 17,5	398	40
	6635-6855	- 6	220	
	6855-7064	- 4,8	209	50
	7064-7406	0	342	
	7406-7746	+ 0,7	340	
	7746-7817	+ 5,4	71	
	7817-8059	+ 9	242	
	8059-8120	+ 8	61	
	8120-8172	+ 12,1	52	
	8172-8229	+ 7,2	57	
	8229-8433	+ 8,6	204	
	8433-8650	+ 11,3	217	
	8650-9365	+ 17,9	715	
	9365-9606	+ 7,1	241	
	9606-10154	+ 14,3	548	
	10154-10362	+ 17,2	208	
	10362-10659	+ 15,4	297	
	10659-10931	+ 4,1	272	
	10931-11002	+ 13,3	71	
	11002-11729	+ 15,9	727	
	11729-12056	+ 2,8	327	

Brzdění na důlní dráze DNT – EPRU se provádí dvěma způsoby nařízenými báňským předpisem D-V2. Vzdálenost dle platného předpisu je 400 m a je to vzdálenost na, kterou musí vlak bezpečně zastavit z nejvyšší povolené rychlosti. Níže uvedená tabulka číslo 3 uvádí potřebná brzdná procenta soupravy pro daný sklon důlní dráhy. Celá tabulka je shrnuta do báňského předpisu D-V2 a je jeho součástí [1].

Tabulka 3- Brzdná procenta pro brzdnou vzdálenost 400 m [vlastní úprava]

Spád [‰]	Brzdící procenta při povolené rychlosti [km/h]							
	15	20	25	30	35	40	45	50
0	6	6	6	8	12	18	26	35
1	6	6	6	9	13	19	27	37
2	6	6	7	10	15	21	29	39
3	6	6	9	11	16	22	30	40
4	6	6	9	13	17	24	32	42
5	6	7	10	14	18	25	33	43
6	7	8	11	15	20	26	34	45
7	7	9	12	16	21	28	36	47
8	8	10	13	17	22	29	38	48
9	9	11	14	18	24	31	40	50
10	10	12	15	19	25	32	41	52
11	11	13	17	21	27	34	43	54
12	12	14	18	22	28	35	44	55
13	13	16	19	23	29	37	46	57
14	14	17	20	24	30	38	47	59
15	16	18	21	26	32	40	49	61
16	17	19	22	27	33	41	50	62
17	18	20	24	29	35	43	52	64
18	19	21	25	30	36	44	54	66
19	20	22	26	31	38	46	56	68

Bezpečné zastavení vlakové soupravy na určenou vzdálenost dle platných předpisů D-V2 je důležité dodržení brzdících procent brzdné vzdálenosti. Výpočet skutečných brzdících procent vlakové soupravy spočteme podle následného vzorce.

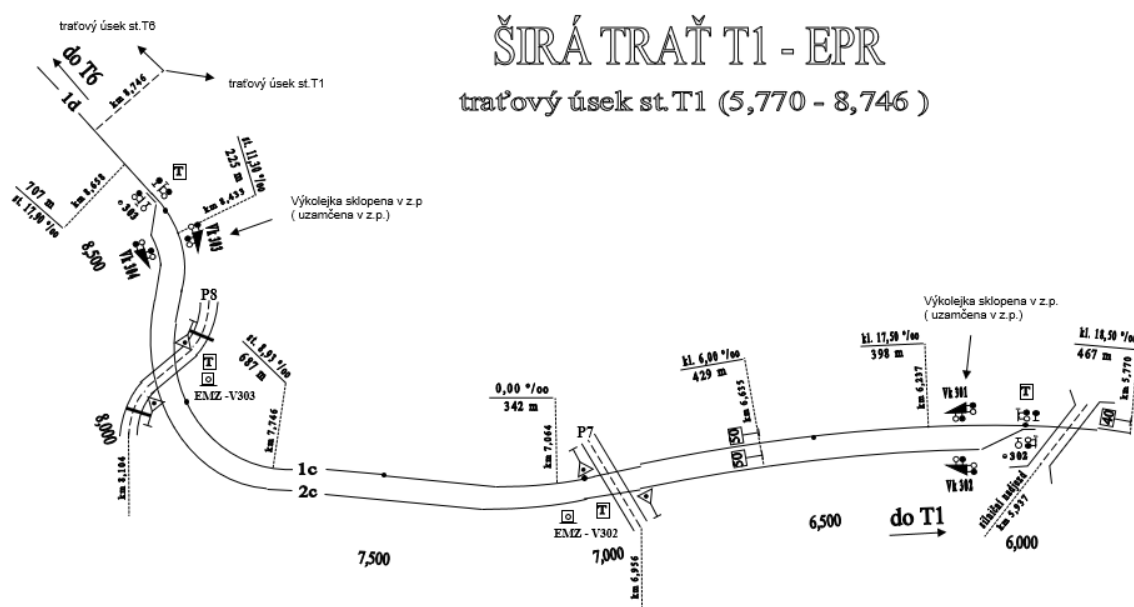
$$BP = m_b / m_c \times 100 \quad (17)$$

$$BP = \text{skutečná brzdící procenta [\%]}$$

m_b = skutečná brzdící váha vlakové soupravy [kg]

m_c = celková hmotnost vlakové soupravy [kg]

Předvěstí a návěstidla jsou umístěna podle rozhledových poměrů a kolejiště s příslušenstvím je přizpůsobeno brzdným vzdálenostem (obrázek číslo 25).



Obrázek 25- Mapa širé trati T1-EPRU [13]

V níže uvedené tabulce pro důlní dráhu DNT – EPRU jsou uvedeny hodnoty výpočtů skutečných brzdných procent pro ucelené vlakové soupravy 16, 18 a 20 ložných vozů. Nejkritičtější jízda vlakové soupravy je ve směru na EPRU, kdy ložná souprava musí překonávat nejvyšší sklon důlní trati, který činí 18,5 promile. Bezpečný provoz určíme z tabulky D-V2 předpisy pro strojvedoucí na důlních drahách kde navýšíme potřebná brzdící procenta pro 19 promile sklonu trati. Trvale se sníží rychlost vlaků na 40 km h⁻¹ v kritickém místě podle platného provozního řádu pro důlní dráhu DNT. Skutečná brzdící procenta vlakových souprav musí být vyšší než 46 % pro směr T1 – EPRU. V opačném směru s prázdnou vlakovou soupravou se rychlost nesnižuje a zůstává na provozní rychlosti 50 km h⁻¹ [4].

Vlakové soupravy brzděné prázdné splňují vyšší kritéria pro rychlost. Jedná se o směr z EPRU do DNT. Hodnoty v tomto případě jsou 66 brzdících procent. Doprava na těchto důlních tratích je pravidelná kyvadlová, a proto je možné využít možnost zapojení

Bc. Oldřich Hybner: Optimalizace kolejové dopravy při zajištění dodávky hnědého uhlí
do regionálních elektráren

do soupravy i vozy, které mají závadu na brzdovém systému a brzdy jsou vyřazeny z provozu. Je nutné přepočítat skutečná brzdící procenta soupravy tak, aby bezpečnostní podmínky odpovídaly provoznímu předpisu D-V2, které jsou uvedené v tabulce číslo 4 a 5 a k tomu navazující grafy na obrázcích 25 a 26.

Tabulka 4- Skutečná brzdná procenta dopravního směru T1-EPRU [vlastní úprava]

Dopravní směr T1-EPRU						
ucelené vlaky	počet vozů Falls	lokomotivy	1 (t)	2 (t)	3 (t)	brzdná procenta
návrh	16	184x1	1402	644,92	729	55,99
	16	130x2	1452	667,92	744	49,76
skutečnost	18	184x1	1562	718,52	813	52,04
	18	130x2	1612	741,52	822	51,36
zkušební provoz	20	184x1	1722	792,12	897	52,09
	20	130x2	1772	815,12	912	52,96

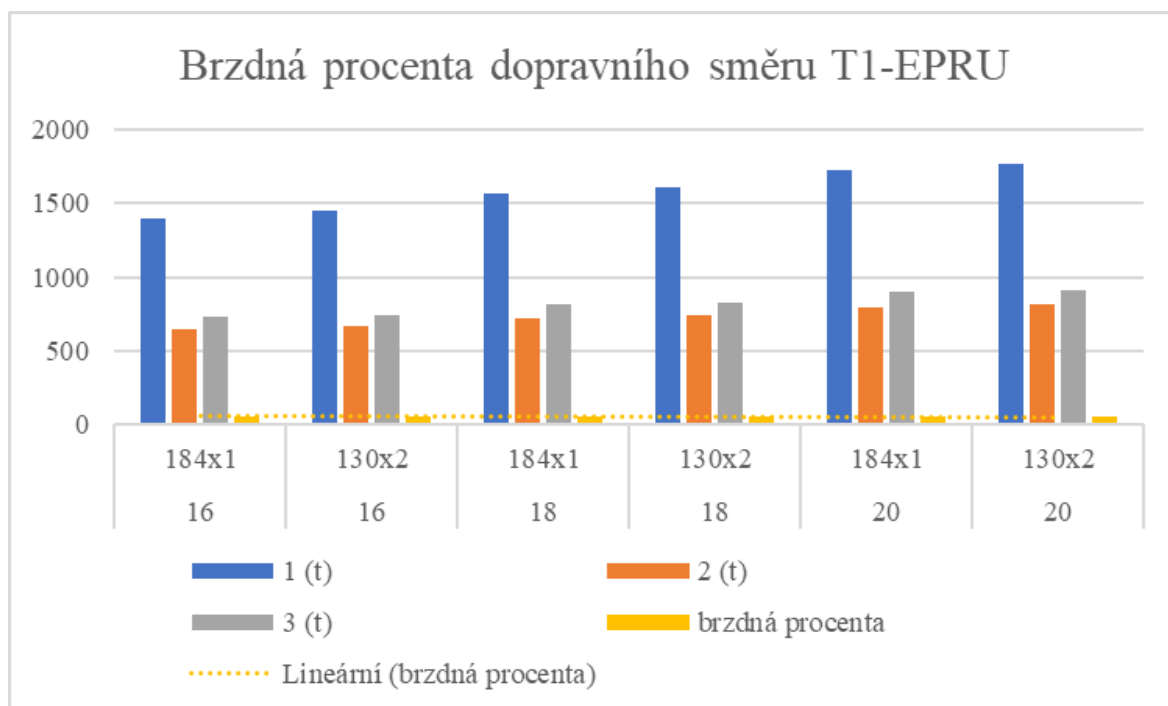
Legenda k tabulce:

- 1 - celková hmotnost vlakové soupravy v tunách
- 2 - potřebná brzdící váha vlakové soupravy v tunách
- 3 - skutečná brzdící váha vlakové soupravy, brzdí-li všechna vozidla v tunách

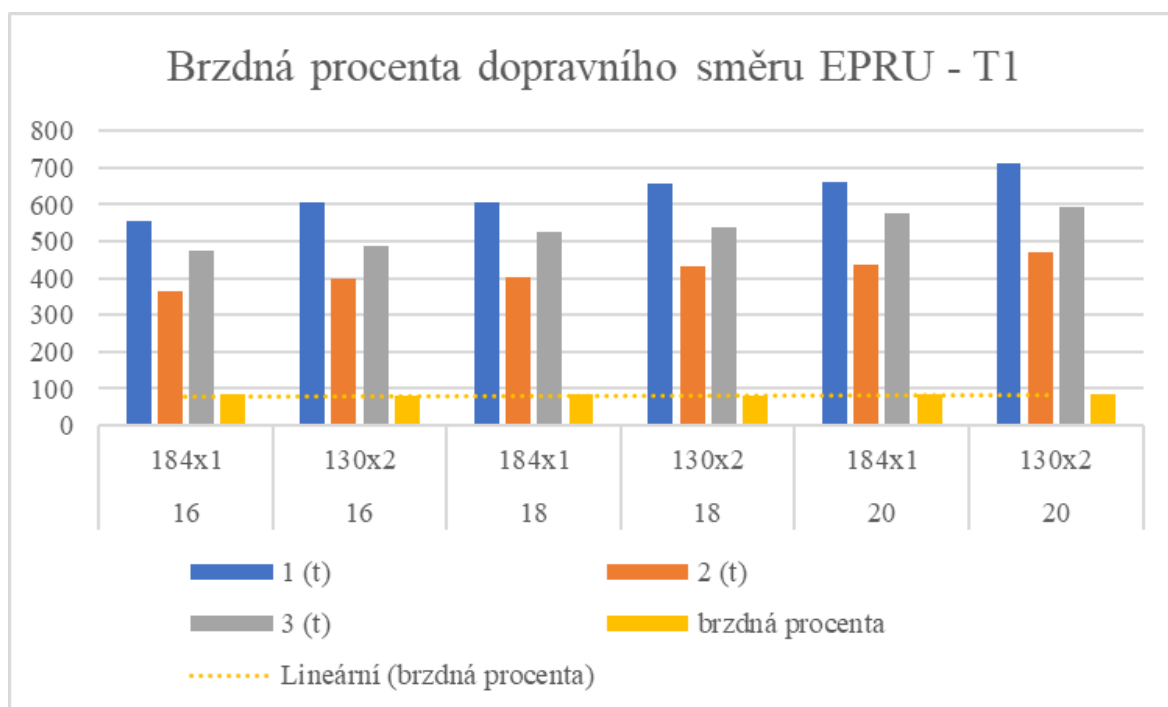
Hodnoty ve žlutě označených polí jsou hodnoty návrhu sníženého počtu vagónů

Tabulka 5- Skutečná brzdná procenta dopravního směru EPRU-T1 [vlastní úprava]

Dopravní směr EPRU-T1						
ucelené vlaky	počet vozů	lokomotivy	1 (t)	2 (t)	3 (t)	brzdná procenta
návrh	16	184x1	554	365,44	473	85,52
	16	130x2	604	398,64	488	81
skutečnost	18	184x1	608	401,28	525	86,34
	18	130x2	658	434,28	540	82,07
zkušební provoz	20	184x1	662	436,92	577	87,16
	20	130x2	712	469,92	592	83,14



Obrázek 26- Dopravní směr T1 – EPRU [vlastní úprava]



Obrázek 27- Dopravní směr EPRU-T1 [vlastní úprava]

5 VÝPOČET OPTIMALIZACE A ÚSPOR

Při výpočtu úspor a optimalizace nákladů je nutné vycházet z faktu, že v roce 2020 byla odstavená z provozu tepelná elektrárna EPRU I. To pro kolejovou dopravu SD znamená, že vypraví z Tušimic o tři vlakové soupravy denně méně. Je to 54 vozů Falls, které jsou schopny převést až 2700 tun energetického paliva za den. Při průměrném hodinovém výkonu všech tří bloků EPRU II. by tato úspora pokryla cca 1/5 dne (tabulka číslo 6).

Tabulka 6- Spotřeba energetického paliva na EPRU [vlastní úprava]

Provoz z roku 2019						
5 bloků t/den	Max. výkon jednoho bloku (t/hod)	Max spotřeba jedno bloku (t/den)	Celková spotřeba (t/den)	18 vozů Falls- 1 souprava (t)	26 souprav denně 18 vozů Falls (t)	nadbytek (t/den)
	190	4560	22800	952	24752	1952
Provoz z roku 2020						
3 bloky t/den	Max. výkon jednoho bloku (t/hod)	Max spotřeba jedno bloku (t/den)	Celková spotřeba (t/den)	18 vozů Falls- 1 souprava (t)	26 souprav denně 18 vozů Falls (t)	nadbytek (t/den)
	250	6000	18000	952	24752	6752
Návrh na optimalizaci vozů						
3 bloky t/den	Max. výkon jednoho bloku (t/hod)	Max spotřeba jedno bloku (t/den)	Celková spotřeba (t/den)	16 vozů Falls- 1 souprava (t)	26 souprav denně 16 vozů Falls (t)	nadbytek (t/den)
	250	6000	18000	846	21996	3996

Z výkonnostních parametrů spotřeby energetického paliva elektrárny a dovozové objemy paliva dochází k podnětu, zda by nebylo hospodárnější a úspornější vlakové soupravy ponížít o dva vozy Falls.

V současné době tepelná elektrárna disponuje třemi bloky o maximální spotřebě paliva pro jeden blok 250 t/hod. Celodenní spotřeba pro tři bloky je 18000 t/denně. Při nájezdu 18 vozů Falls, které převezou 952 tun a denní frekvenci 26 souprav naveze SD-KD na EPRU celkem 24752 tun za den. Je to nadbytek 6752 tun (tabulka č.6).

Návrh na snížení na 16 vozů Falls, které přepraví 846 tun paliva na jednu soupravu a ponechání stávajících 26 souprav přepraví 21996 tun palivového uhlí. Touto optimalizací se přesto převezou dostatečné množství paliva na výrobu elektrické energie. I s úsporou dvou

vozu Falls se dá naskladnit o 3996 tun denně více. Dovoz paliva se, ale také sníží na průměrných 846 tun na soupravu, což by nemělo mít vliv na provoz EPRU II, protože průměrná hodinová spotřeba tří bloků elektrárny je 585 tun paliva. Kolejová doprava je schopna za hodinu vypravit až čtyři soupravy a převést až 3 384 tun paliva což je maximum. Při dvanácti hodinové směně naveze KD na EPRU II třináct souprav a to je 10998 tun. Průměrná spotřeba paliva tří bloků za dvacet čtyři hodin je 13 040 tun. Z těchto propočtů vychází, že cca 8956 tun energetického paliva jde denně na skládku paliva, která má kapacitu 234 000 tun.

Vozy vyřazené z vlakových souprav by se daly následně využít pro odvoz energo sádrovce z nového odsíření EPRU II k dalšímu zpracování pro stavebnictví. EPRU II tohoto energo sádrovce vyprodukuje cca 550 tisíc tun. V současné době se část popílku a sádrovce deponuje, pomocí dopravníků, na výsypkách v prostorách DNT (obrázek číslo 27).



Obrázek 28- Dopravník popílku na výsypku [foto autor]

Vozy se dají využít taky pro přepravu jiných sypkých hmot těžených v okolních lokalitách. Není vyloučen ani pronájem vlakových souprav pro vnitrostátní dopravu. Pro KD není ani zanedbatelná finanční úspora na elektrické energii, pokud cena každým rokem roste. Je třeba přemýšlet o budoucnosti a vycházet z faktu, že Evropská unie nasadila ekologické

limity na těžbu hnědého uhlí a postupné uzavírání tepelných elektráren. Ukončení výroby elektrické energie v EPRU II a ETU II je dle prognóz v roce 2036–2040 a v těchto letech by měla být ukončena i těžba na SD DNT [17].

5.1 Spotřeba elektrické energie na SD – KD

V současné době se přepravuje energetické palivo osmnácti vozy Falls, které jsou převážně taženy lokomotivami řady 184. Spotřeba energií při odtahu je sledována průběžně. Naměřené hodnoty jsou získány z provozu a čísla jsou reálná.

Na odvoz osmnácti vozů s průměrnou hmotností energetického paliva 952 tun v soupravě, je spočítaná a naměřená energetikem podniku, průměrná spotřeba elektrické energie 520 kWh. Při naložení soupravy na 1000 tun vzroste spotřeba o 26,2 kWh na 546,2 kWh.

V případě snížení z osmnácti vozů na šestnáct vozů v soupravě dojde k snížení spotřeby elektrické energie v průměru na 504 kWh. Měření spotřeby bylo provedeno podnikem v rozvodně kolejové dopravy. Zde se objevuje další možná optimalizace a úspora elektrické energie v tom, že by soupravy byly vypravovány na noční směně, kdy není energetická špička a dal by se smluvně dohodnout s ČEZ, a.s. nižší tarif noční energie. Úspora by se dala hledat taky na technice, která by tak nebyla přetěžována v tahových silách závěsů vozů a snížení prokluzů v problematických místech tratí, tak i snížení spotřeby podsypového materiálu v kolejovém spodku.

Je zapotřebí sledovat taky vývoj cen a spotřeby energií na kolejové dopravě SD od roku 2018 až do roku 2020. O úspory elektrické energie ze strany KD a meziroční nárůsty cen dodávaných energií ze strany společnosti ČEZ. Spotřeby energií za poslední tři roky na SD – KD kolísá a ceny energií stoupají, jak je znázorněno v níže uvedené tabulce číslo 7.

Tabulka 7-Roční spotřeby elektrické energie [vlastní úprava]

rok	spotřeba el. Energie SD-KD (MWh)	cena za MWh bez DPH (Kč)	celková cena energií (Kč)
2018	5568,57	1154,70	6430027,00
2019	6496,13	1408,60	9150444,00
2020	4667,79	1723,90	8046798,00

Bc. Oldřich Hybner: Optimalizace kolejové dopravy při zajištění dodávky hnědého uhlí do regionálních elektráren

V roce 2009 byla spotřeba energií při nájezdu souprav osmnácti vozů 9 219,346 MWh, o deset let později v roce 2019 při stejném počtu vozů v soupravě činí spotřeba 6 496,127 MWh, to je úspora 29,53 % a o další rok spotřeba elektrické energie opět klesá na 4 667,787 MWh, vyčísleno v procentech o 28,18 %.

K těmto cenám, které jsou uvedeny v tabulce je nutné připočíst každoroční částku za odběrné místo, která činí 5,5 milionu Kč. Výsledkem analýzy je, že roční náklady na elektrickou energii pro zajištění dodávek na EPRU jsou vysoké. Řešením je snížení počtu vozů o dva vagóny typu Falls na přepravu energetického paliva a tím i snížení spotřeby elektrické energie.

5.2 Optimalizace lidských zdrojů

Optimalizovat stávající stav zaměstnanců na SD – KD je velmi složité. Rychlé snižování současného stavu v dnešní době je riskantní, protože odbornost, technické a provozní znalosti strojvedoucích a vlakvedoucích je tak vysoká, že v případě kolapsu a potřeb maximálního závozu by dlouhodobě KD nebyla schopna řešit, protože tyto profese jsou na trhu práce nedostatkové. Možné řešení bych viděl v zápůjčce těchto odborných pracovníků na jiné tratě, které kolejová doprava provozuje např. Mělník, Neratovice anebo přímo společnosti ČD Cargo na vnitrostátní tratě.

K nepříjemnému snižování pracovníků v následujících letech stejně bude muset dojít na SD-DNT, protože ekologické limity těžby hnědého uhlí budou klesat. Projekt útlumu těžby hnědého uhlí na další roky.

2020–2024–9–12 mil. tun/rok

2025–2029–9–11 mil. tun/rok

2030–2034–8,5–0,5 mil. tun/rok

2035–2039–4–8 mil. tun/rok

2040–3–5 mil. tun/rok

SD – KD, která je přímo závislá na SD – DNT bude muset nějakým způsobem na útlum reagovat. Snížením vlakových osádek o jednu směnu, která je osazena čtyřmi strojvedoucími a čtyřmi vlakvedoucími. Podle průměrných platů v dané oblasti

je u strojvedoucích a vlakvedoucích 33 765 Kč za měsíc hrubého. Roční úspora by na mzdový prostředcích byla cca 3 241 440 Kč.

5.3 Ostatní úspory

Snížením počtu vozů se nám sníží opotřebení kolejového svršku na obručích hnacích kol lokomotivy. Nebude docházet k nadměrnému opotřebení stykových ploch dvojkolí a dojde k úspoře za opravy a výměny dílů. Sníží se problémy s prokluzy v problematických místech trati a tím i spotřeba písku na podsyp kolejové hlavy při adhezních podmínkách. Dále by mohly zmizet problémy při zhoršených povětrnostních podmínkách, hlavně při rozjezdech soupravy v místech nejvyššího stoupání trati. Nedocházelo by nadměrnému roztahování a smršťování soupravy a pokleslo by tak tahové namáhání na spojovací ústrojí vozů.

Prokluzy u lokomotiv řady 184 mají nepříznivý vliv na trakční motor na kterém prudce roste napětí, které může způsobit napěťový přesmyk trakčního obvodu a poškození polovodičové části. Trakční motory lokomotiv jsou stavěné na provozní napětí 4,5 kV a přesmyky z prokluzů přesahující 5 kV poškozují polovodičové součástky elektromotorů. Snížením vozů v soupravě by se snížil prokluz v problematických místech trati a snížil opotřebení pohonu lokomotiv a tím i náklady za opravy.

6 ZÁVĚR

Tato práce byla vypracována na základě zjištění, že v roce 2020 byl ukončen provoz tepelné elektrárny Prunéřov I. Podle technických parametrů elektrárny byla zastavena výroba elektrické energie dvou bloků EPRU I a ponechána výroba na EPRU II s třemi modernizovanými energetickými bloky. Tyto bloky jsou zásobovány energetickým uhlím z nedalekého Dolu Nástup Tušimice vlakovými soupravami o počtu 18 vozů Fall. Na základě technických parametrů jednotlivých bloků uváděných společností ČEZ byla provedena výpočtová analýza na jejímž základě lze přepravu energetického uhlí zajistit menším počtem vozů ve vlakové soupravě za předpokladů dodržení smluvních dodávek a drážních předpisů.

Podle grafikonu kolejové dopravy a požitých nákladních železničních vozidel Falls byl proveden výpočet převezeného množství hnědého uhlí. Analýza prokázala možnost uspoření dvou vozů typu Falls na vlakovou soupravu. Toto snížení by přineslo úsporu pro kolejovou dopravu ve formě nižších nákladů na elektrickou energii, menší opotřebení trati, lokomotiv a nákladních vozů.

Vozy a lokomotivy by mohla kolejová doprava využít na jiných tratích, které provozují mimo okres nebo je pronajmout jiným firmám na převoz jejich komodit. Dala by se využít licence na vnitrostátní dopravu, kterou SD-KD splňuje a vlastní. Je to pracovní příležitost pro strojvedoucí a vlakvedoucí, a také pro kolejovou dopravu možnost pracovního zařazení v rámci restrukturalizace závodu. Takto by kolejová doprava vyřešila případný nedostatek odborných zaměstnanců na pozicích vlakvedoucí, strojvedoucí a postupný odchod zaměstnanců do starobního důchodu by plynule korespondoval s útlumem těžby. Nemuselo by docházet k propouštění a vyplácení sociálního zajištění. Další možností je pronájem lokomotiv, nákladních souprav a odborně proškolené obsluhy, tím by došlo k novému finančnímu nárůstu a proniknutí na jiné trhy v železniční dopravě.

Nemalá úspora je ve snížení lidských zdrojů. Tuto variantu úspor nemám dostatečně ověřenou z důvodu ochrany finančních dat podniku a z tohoto důvodu nebyla poskytnuta. Návrh na snížení o jednu osádku na směnu by sebou mohlo přinést nečekané riziko v případě maximálních požadavků EPRU II na dodávku energetického paliva. To by mělo za následek komplikaci nárůstu přesčasových hodin u zbylých zaměstnanců. Kolejová

Bc. Oldřich Hybner: Optimalizace kolejové dopravy při zajištění dodávky hnědého uhlí
do regionálních elektráren

doprava by za tohoto stavu nebyla schopna dlouhodobě operativně takovou situaci řešit a mohlo by dojít na sankce ze strany odběratele.

Všechny návrhy na optimalizaci kolejové dopravy vycházejí z poskytnutých a dostupných zdrojů, také výpočtů z předešlých let. Je za potřebí tyto navrhované změny prověřit za extrémních podmínek v praxi, získané poznatky a data porovnat s návrhem, poté posoudit a vyhodnotit možnost jeho realizace.

Přílohou této práce nemohly být použity a uvedeny některá schémata, výpočty a dokumenty, které jsou v současné době vedené jako citlivé, strategické a nelze je poskytnout z důvodu ochrany dat a strategických cílů.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

A. Tištěné publikace:

- [1] *D-V2: Vnitřní předpis pro strojvedoucí na vlečkách a důlních drahách*. Praha, 1999.
- [2] EISLER, Jan. *Ekonomika dopravních služeb a podnikání v dopravě*. Vyd. 2., nezměn. Praha: Oeconomica, 2008. ISBN 978-80-245-1416-1.
- [3] *Místní provozní předpis pro EPRU II*. Praha, 2019.
- [4] *Provozní řád pro důlní dráhu DNT*. Praha, 2019.
- [5] *Ročenka dopravy ČR 2019*. 2019. Zlín: Tiskárna Ministerstva vnitra, p.o., 2019. ISSN 1801-3090.
- [6] ŠKAPA, Petr. *Základy dopravy*. Vyd. 2., nezměn. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita, [2008]. ISBN 978-80-248-1521-3.
- [7] TICHÝ, Jan. *Historie SD-kolejová doprava, a.s.* 2005.

B. Elektronické informační zdroje:

- [8] Archiv ČD – státní oblastní archiv Praha, *Knihovna ČD* [online]. Praha [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <http://odis.cd.cz>
- [9] Atlas lokomotiv. *Atlas lokomotiv* [online]. 2020 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <http://www.atlaslokomotiv.net>
- [10] ČD Cargo, a.s. *ČD Cargo, a.s* [online]. Praha, 2020 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://www.cdcargo.cz/>
- [11] ČEZ, a. s. *Skupina ČEZ* [online]. Praha: ČEZ, 2020 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobní-zdroje>
- [12] Drážní úřad ČR. *DÚ ČR* [online]. Praha, 2016 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <http://www.ducr.cz/cs/>
- [13] Grafikon vlakových souprav. *SD-kolejová doprava a.s.* [online]. Kadaň, 2018 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <http://www.sdas.cz/>
- [14] Honzíkovy vláčky. *Honzíkovy vláčky* [online]. 2020 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <http://www.honzikovyvlacky.cz>
- [15] KLEMENT a.s. *KLEMENT a.s.* [online]. Řehlovice, 2020 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <http://klement.cz>

- [16] Koncepce nákladní dopravy ČR: 2017-2023 s výhledem do roku 2030. *Databáze strategií v ČR* [online]. Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, 2020 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://www.databaze-strategie.cz/>
- [17] *Ministerstvo obchodu a průmyslu ČR* [online]. Praha: MPO, 2020 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <http://www.mpo.cz>
- [18] Parostroj Moravskoslezský železniční občasník. *Nákladní vozy* [online]. 2019 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <http://www.parostroj.net>
- [19] SD-kolejová doprava, a.s. *Katalog techniky* [online]. Kadaň, 2020 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <http://www.sd-kd.cz>
- [20] Správa železnic, státní organizace. *Správa železnic* [online]. Praha, 2020 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <http://www.spravazeleznic.cz>
- [21] *Zákon č.266/1994 Sb., o drahách*. In: Praha: ASPI, 1995, ročník 1994, číslo 79.
- [22] Železniční lokomotivy. *Železniční poklady* [online]. Martin Kalina, 2021 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <http://www.zeleznicnipoklady.cz>
- [23] Železniční tratě. *IODA informace pro dopravní analýzy* [online]. Praha: IODA, 2020 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <http://www.ioda.cz/>

SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ

ČD	České dráhy
ČEPS	Česká energetická přenosová soustava
ČEZ	České energetické závody
ČSD	Československé státní dráhy
ČR	Česká republika
D-D1	předpis pro důlní dráhy 1
D-D2	předpis pro důlní dráhy 2
DNT	Doly nástup Tušimice
D-V2	báňský předpis
ETU	elektrárna Tušimice
EPRU	Elektrárna Prunéřov
KD	kolejová doprava
SD	Severočeské doly
SS1	skladovací stroj 1
SS2	skladovací stroj 2
ÚDUT II	ústřední drtírna uhlí Tušimice II
WAP	samovýsypný velkoprostorový železniční vůz
Km	kilometr
kV	kilovolt
MW	Megawatt
V	Volt
t.hod ⁻¹	tun za hodinu
t	tuna

m	metr
ms ⁻¹	metr za sekundu
mm	milimetr
dm ³	decimetr krychlový
tm ³	tun na metr krychlový
km/h	kilometr za hodinu
kg	kilogram
kWh	kilowatt hodin
MWh	megawatt hodin
Kč	korun českých

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1- Lokomotiva z 50. let 18. století [14]	3
Obrázek 2- Parní lokomotiva řady 310 [8].....	4
Obrázek 3- Lokomotiva řady T334 [22]	7
Obrázek 4- Lokomotiva řady 444 [22].....	8
Obrázek 5- Lokomotiva řady 111 [22].....	9
Obrázek 6- Lokomotiva řady 184 [foto autor]	9
Obrázek 7- Lokomotiva řady 130 [9].....	10
Obrázek 8 - Sklad pro uložení vápence [foto autor]	11
Obrázek 9- Celkový pohled na EPRU II [15]	12
Obrázek 10- Vyhrnovací vozík pod zásobníkem paliva na EPRU II [foto autor]	13
Obrázek 11- Vzorkovač paliva [foto autor]	14
Obrázek 12- kolesový skládkový stroj na EPRU II [foto autor]	16
Obrázek 13- skládkové stroje na EPRU II [foto autor]	17
Obrázek 14- Ústřední drtírna uhlí Tušimice [foto autor]	19
Obrázek 15- grafikon vlakových souprav na EPRU [13].....	22
Obrázek 16- Stav kategorií železnic k 1.11.2019 [23]	25
Obrázek 17- Mapa železničních uzlů [23]	26
Obrázek 18- Ua Dumpcar – výsypný čtyřnápravový vůz [18]	28
Obrázek 19- Falls – čtyřnápravový výsypný vůz zvláštní stavby [18]	28
Obrázek 20- Faccpp (Chopper) – vůz s regulovaným výsypem. [18].....	29
Obrázek 21- Faccs – čtyřnápravový výsypný vůz [18].....	29
Obrázek 22- Talls – čtyřnápravový vůz s otevírací střechou [18].....	30
Obrázek 23- Lokomotiva řady 184 [foto autor]	36
Obrázek 24- lokomotiva řady 130 [foto autor]	37

Obrázek 25- Mapa širé trati T1-EPRU [13]	41
Obrázek 26- Dopravní směr T1 – EPRU [vlastní úprava]	43
Obrázek 27- Dopravní směr EPRU-T1 [vlastní úprava]	43
Obrázek 28- Dopravník popílku na výsytku [foto autor]	45

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1- Technická data lokomotiv [vlastní úprava].....	37
Tabulka 2- Traťové poměry DNT-EPRU [vlastní úprava]	39
Tabulka 3- Brzdná procenta pro brzdnu vzdálenost 400 m [vlastní úprava]	40
Tabulka 4- Skutečná brzdná procenta dopravního směru T1-EPRU [vlastní úprava]	42
Tabulka 5- Skutečná brzdná procenta dopravního směru EPRU-T1 [vlastní úprava]	42
Tabulka 6- Spotřeba energetického paliva na EPRU [vlastní úprava]	44
Tabulka 7-Roční spotřeby elektrické energie [vlastní úprava]	46

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1- Grafikon vlakové dopravy_Bř

Příloha 2- Grafikon vlakové dopravy _T1- _ČD_ - _T6

Příloha 3- Plán trati _ - _schéma _kolejišť